



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**SISTEMA GENERADOR DE FALLAS PARA SENSORES Y ACTUADORES DE
UN MOTOR HYUNDAI SONATA G4CM-SR2561**

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

AUTORES: CRISTIAN VINICIO GONZÁLEZ BRAVO

KEVIN MATEO GUAMÁN ALULIMA

TUTOR: ING. CHRISTIAN OMAR PULLA MOROCHO, M.Sc.

Cuenca - Ecuador

2024

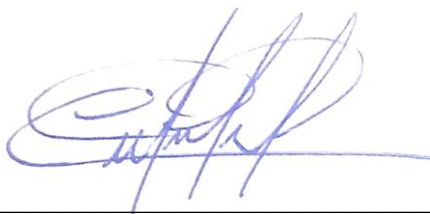
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Cristian Vinicio González Bravo con documento de identificación N° 1104875149 y Kevin Mateo Guamán Alulima con documento de identificación N° 0105403075; 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, 26 de febrero de 2024

Atentamente,



Cristian Vinicio González Bravo

1104875149



Kevin Mateo Guamán Alulima

0105403075

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

Nosotros, Cristian Vinicio González Bravo con documento de identificación N° 1104875149 y Kevin Mateo Guamán Alulima con documento de identificación N° 0105403075, 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: “Sistema generador de fallas para sensores y actuadores de un motor Hyundai Sonata G4CM-SR2561”, 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, 26 de febrero de 2024

Atentamente,



Cristian Vinicio González Bravo
1104875149



Kevin Mateo Guamán Alulima
0105403075

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: SISTEMA GENERADOR DE FALLAS PARA SENSORES Y ACTUADORES DE UN MOTOR HYUNDAI SONATA G4CM-SR2561, realizado por Cristian Vinicio González con documento de identificación N° 104875149 y por Kevin Mateo Guamán Alulima con documento de identificación N° 0105403075, 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, 26 de febrero de 2024

Atentamente,



Ing. Christian Omar Pulla Morocho, M.Sc.

0103570602

DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado primeramente a Dios, y a mis padres Salvador González y Silvana Bravo por su apoyo incondicional, por haber creído en mí y porque gracias a su sacrificio me han dado el regalo del estudio y me han permitido llegar a ser un profesional.

De igual manera, se lo dedico a las personas que me han sabido apoyar durante este proceso, especialmente a Adriana Rivera, mi pareja, quien fue un pilar fundamental para cumplir este objetivo y me supo apoyar durante todo este ciclo.

Cristian Vinicio González Bravo

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por ser la guía en este camino de y poder alcanzar este logro, a mis padres queridos LUIS Y MERCEDES, quienes han sido mi mayor apoyo y fuente inagotable de apoyo a lo largo de este camino académico, su constante aliento y sacrificio ha sido el motor que me impulso a alcanzar este logro deseado, a mis hermanos quienes son una guía, gracias por estar a mi lado, celebrando mis triunfos y compartiendo mis desafíos, a mis tíos y primos, quienes han sido una extensión de mi familia y han brindado su aliento y ánimo. Su apoyo incondicional ha sido un regalo invaluable que nunca olvidare.

De igual manera, se lo dedico a las personas que me han sabido apoyar durante este proceso, especialmente a Adriana Rivera, quien me supo apoyar de manera incondicional y me dio fuerzas para poder lograr este objetivo.

Kevin Mateo Guamán Alulima

AGRADECIMIENTO

Los Autores expresamos los más profundos y sinceros agradecimientos a la Universidad Politécnica Salesiana, a su vez a cada uno de sus docentes que formaron parte de esta etapa académica. De manera especial al Ing. Christian Pulla, nuestro tutor de tesis, por su apoyo y por brindar su conocimiento para el desarrollo de este proyecto.

Cristian Vinicio González Bravo

Kevin Mateo Guamán Alulima

RESUMEN

El objetivo de este proyecto, fue desarrollar un módulo generador de fallas en sensores y actuadores para un banco didáctico, que dispone de un motor Hyundai Sonata 1.8 a gasolina, con el fin de que los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, puedan realizar prácticas de simulación de fallas del sistema de control y puedan analizar y diagnosticar lo que ocurre en el funcionamiento del motor cuando un sensor o actuador no está trabajando de manera adecuada.

En el primer capítulo, se realizó una investigación bibliográfica, mediante la cual se logró comprender el funcionamiento del motor así como los elementos que lo componen. En capítulo 2, se desarrolló el diagnóstico y posterior reacondicionamiento del motor, así mismo, se diseñó la estructura donde irán los componentes del sistema generador de fallas.

Finalmente, en el capítulo 3, se realizó la implementación del sistema generador de fallas en el motor Hyundai Sonata.

Palabras clave: Sensores, actuadores, diagnóstico.

ABSTRACT

The objective of this project was to develop a sensor and actuator failure generator module for a didactic bench, which has a Hyundai Sonata 1.8 gasoline engine, so that students of the Automotive Engineering course at the Salesian Polytechnic University, can perform simulation practices of control system failures and can analyze and diagnose what happens in the operation of the engine when a sensor or actuator is not working properly.

In the first chapter, a bibliographic research was conducted, through which it was possible to understand the operation of the engine as well as the elements that compose it. In chapter 2, the diagnosis and subsequent reconditioning of the engine was developed, as well as the design of the structure where the components of the failure generator system will be located.

Finally, in chapter 3, the failure generator system was implemented in the Hyundai Sonata engine.

Keywords: Sensors, actuators, diagnostics.

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.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA	1
Antecedentes	2
Importancia y Alcances	3
Delimitación	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO 1	5
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
1.1 Motor de Combustión Interna	5

1.1.1 Ciclo de Trabajo	5
1.1.2 Motor de 2 tiempos	5
1.1.3 Motor de 4 tiempos	6
1.2 Motor Hyundai Sonata 1.8	6
1.2.1 Características del motor Hyundai Sonata 1.8	7
1.3 Sistema de encendido del Hyundai Sonata	9
1.3.1 Bobina de encendido	9
1.3.2 Distribuidor	10
1.3.3 Bujías.....	11
1.3.5 Transistor de Potencia	11
1.4 Sistema de Inyección Multipunto.....	12
1.5 Unidad de Control Electrónica (UCM)	13
1.6 Sensores.....	14
1.6.1 Sensor del caudal del aire VAF.....	14
1.6.2 Sensor de la temperatura del aire IAT.....	15
1.6.3 Sensor de temperatura del refrigerante ECT	16
1.6.4 Sensor de Oxígeno	18
1.6.5 Sensor de Posición del Pedal del Acelerador TPS	20
1.7 Actuadores.....	21
1.7.1 Inyectores	22
1.7.2 Bomba de Combustible	24
1.8 Método de diagnóstico de fallos.....	26

1.9 Banco didáctico	29
1.9.1 Componentes del banco de pruebas	29
1.9.2 Materiales o instrumentos para los equipos de monitoreo	30
1.10 Arduino MEGA.....	31
1.10.1 Software de activación	31
CAPÍTULO 2	33
2. DIAGNÓSTICO Y REACONDICIONAMIENTO DEL MOTOR HYUNDAI SONATA G4CM-SR2561	33
2.1 Parámetros del motor	33
2.1.1 Especificaciones del motor.....	33
2.2 Análisis de componentes del motor Hyundai Sonata 1,8 de la serie G4CM	35
2.3 Inspección visual del estado de motor Hyundai Sonata 1,8.....	36
2.3 Comprobación de los sistemas del motor.....	39
2.3.1 Sistema Eléctrico.....	39
2.3.2 Sensores y Actuadores	41
2.3.3 Prueba de compresión del motor.....	44
2.4 Diseño de la estructura del banco didáctico	45
2.4.1 Estado de la estructura del banco didáctico	45
2.4.2 Diseño de la estructura mediante software.....	46
2.4.3 Dimensiones y materiales para el tablero del panel de instrumentos.....	47
2.5 Análisis estructural.....	49
2.6 Diseño del panel de instrumentos.....	51

2.7 Implementación de instrumentos de control	52
2.7.1 Sistema de encendido (switch de encendido).....	52
2.7.2 Medidor de presión de aceite	53
2.7.3 Medidor de la temperatura del refrigerante:.....	55
2.6.4 Medidor de voltaje de la batería.....	56
2.7.5 Medidor de las revoluciones del motor (RPM).....	57
2.7 Procesos de Manufactura	58
2.8 Coste de implementación del proyecto	59
CAPÍTULO 3	61
3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA GENERADOR DE FALLOS.....	61
3.1 Diagnóstico de fallas electrónicas en motores de combustión interna.....	61
3.2 Componentes utilizados en la fabricación del módulo generador de fallos.....	61
3.3 Simulación del circuito del sistema generador de fallos en el motor.....	63
3.3.1 Simulación de fallos en los sensores	64
3.3.2 Simulación de fallos en los inyectores	64
3.3.3 Simulación de fallos en de bomba de combustible y bobina de encendido	65
3.4 Programación Del Sistema	66
3.5 Conexión de la placa Arduino con Relay Module	71
3.6 Conexión de Switchs con la placa Arduino	74
3.7 Conexión establecida a cada sensor o actuador.	76
3.8 Instalación del sistema generador de fallos en el banco didáctico.....	76

3.9 Conexión de sistema generador de fallos a los sensores y actuadores del motor.	
.....	77
3.9.1 Conexión a los sensores	77
3.9.2 Conexión a los actuadores.....	79
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA.....	83
ANEXOS.....	85
ANEXO A: Diseño del panel de instrumentos banco didáctico	85
ANEXO B: Mediciones del panel de instrumentos del banco didáctico	85
ANEXO C: Reacondicionamiento del motor.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información General del Motor Hyundai Sonata.....	7
Tabla 2. Rendimiento del motor Hyundai Sonata	8
Tabla 3. Especificaciones del motor Hyundai Sonata.....	8
Tabla 4. Valores de resistencia del sensor IAT	16
Tabla 5. Conexión del sensor ECT.....	17
Tabla 6. Valores de la resistencia del Sensor ECT	18
Tabla 7. Conexión del Sensor Oxígeno.....	18
Tabla 8. Valor de resistencia del Sensor de Oxígeno.....	19
Tabla 9. Tensión de salida de la sonda Lambda.....	19
Tabla 10. Conexión del sensor TPS	21
Tabla 11. Valores de la resistencia de los Inyectores.....	23
Tabla 12. Valores de presión de la bomba de combustible	24
Tabla 13. Especificaciones más relevantes del motor	33
Tabla 14. Flujograma de diagnóstico	35
Tabla 15. Validación del estado de los componentes del motor Hyundai Sonata 1,8 .	36
Tabla 16. Inspección visual de los elementos del banco didáctico	38
Tabla 17. Inspección del sistema eléctrico del motor	39
Tabla 18. Inspección de los actuadores	41
Tabla 19. Inspección de los sensores del motor	42
Tabla 20. Datos de las resistencias establecidos por el fabricante	43
Tabla 21. Valores de la resistencia de los componentes del motor.....	43
Tabla 22. Medición de la compresión en los cilindros del motor	44
Tabla 23. Modelado de la estructura en software Autodesk Inventor Profesional 2022	46

Tabla 24. Materiales utilizados para realizar el panel de instrumentos	48
Tabla 25. Costos fijos del proyecto técnico	59
Tabla 26. Costos variables del proyecto técnico	59
Tabla 27. Resumen de la inversión final del proyecto técnico.....	60
Tabla 28. Componentes utilizados en la fabricación del módulo generador de fallos.	61
Tabla 29. Conexión de la placa Arduino con el relay module 1	71
Tabla 30. Conexión de la placa Arduino con el relay module 1	72
Tabla 31. Conexión de la placa Arduino con el relay module 1	73
Tabla 32. Conexión de Switchs con la placa Arduino	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación geográfica.....	3
Figura 2. Fases de un motor de 2T.....	5
Figura 3. Fases de un motor 4T.....	6
Figura 4. Banco Didáctico Hyundai Sonata.....	7
Figura 5. Esquema del sistema de encendido.....	9
Figura 6. Bobina de encendido.....	10
Figura 7. Elementos del distribuidor.....	10
Figura 8. Bujías de encendido.....	11
Figura 9. Transistor de Potencia.....	11
Figura 10. Sistema de Inyección Multipunto.....	12
Figura 11. Esquema del Sistema de Inyección Jetronic.....	13
Figura 12. Unidad de Control Electrónica.....	13
Figura 13. Diagrama del sensor VAF.....	14
Figura 14. Sensor ECT.....	16
Figura 15. Medición de la resistencia del sensor ECT.....	17
Figura 16. Sensor TPS.....	20
Figura 17. Inyector.....	22
Figura 18. Medir la resistencia de los terminales del inyector.....	23
Figura 19. Esquema de la bomba de combustible.....	24
Figura 20. Conexión de la prueba de presión del combustible.....	26
Figura 21. Arduino MEGA.....	31
Figura 22. Motor Hyundai Sonata 1.8 de la serie G4CM.....	33
Figura 23. Condiciones de la estructura del banco didáctico.....	45
Figura 24. Planos de la estructura.....	47

Figura 25. Análisis de la estructura en ANSYS	50
Figura 26. Switch de encendido	52
Figura 27. Esquema de conexión	53
Figura 28. Medidor de presión de aceite	54
Figura 29. Esquema de conexión	54
Figura 30. Medidor de Temperatura	55
Figura 31. Esquema de conexión	55
Figura 32. Medidor de voltaje	56
Figura 33. Diagrama eléctrico	56
Figura 34. Medidor de las RPM	57
Figura 35. Esquema de conexión para la comprobación.....	63
Figura 36. Esquema completo de conexión del sistema de fallo	63
Figura 37. Esquema de conexión de los sensores	64
Figura 38. Esquema de conexión de falla de inyectores	64
Figura 39. Esquema conexión de falla de bomba de combustible y bobina de encendido	65
Figura 40. Presentación del código	66
Figura 41. Código declaración pines de activación.....	67
Figura 42. Declaración en el código de salidas	67
Figura 43. Declaración en el código de entradas	67
Figura 44. Código para la verificación de cada a switch	68
Figura 45. Código para la activación del sistema.....	68
Figura 46. Código para la activación del sistema.....	69
Figura 47. Conexión esquemática del Arduino y el relay module	72
Figura 48. Conexión esquemática del Arduino y el relay module	73

Figura 49. Conexión esquemática del Arduino y el relay module	74
Figura 50. Conexión esquemática de switchs con la placa Arduino	75
Figura 51. Armado del circuito	76
Figura 52. Métodos de conexión de los sensores	77
Figura 53. Conexión del sistema generador de fallas a los sensores al positivo	78
Figura 54. Conexión del sistema generador de fallo al cable de la señal	78
Figura 55. Conexión del sistema generador de fallas al cable de masa	79
Figura 56. Conexión del actuador por el método 1	79
Figura 57. Conexión del actuador por el método 2	80

INTRODUCCIÓN

En el campo automotriz es importante tener acceso a herramientas que nos permitan identificar de manera precisa las fallas que se puedan presentar en los diferentes sistemas del vehículo, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del mismo.

Teniendo en cuenta lo mencionado, en el presente proyecto se pretende desarrollar un módulo que nos permita generar fallos en un banco didáctico, lo cual sirva como una herramienta de estudio de los fallos en los diferentes sensores y actuadores de un motor de combustión interna. Para esto, se utilizarán técnicas de programación que nos permitan diseñar un sistema que simule errores en los sensores y actuadores.

PROBLEMA

En las instalaciones del laboratorio de motores de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana de la sede Cuenca, se encuentra disponible un banco didáctico de un motor Hyundai Sonata, el cual se encuentra limitado a pruebas de funcionamiento específicas, el banco anteriormente mencionado no cuenta con un tablero que indique los parámetros de funcionamiento del motor, tales como: la temperatura, el nivel de gasolina, las rpm, el nivel de la carga de la batería, entre otras. Este tipo de banco es utilizado en los diferentes periodos académicos por los estudiantes de la carrera; para realizar diferentes pruebas como son: reconocimiento de partes o estudio de los diferentes sistemas que cuentan los motores, su funcionamiento es limitado ya que no dispone de un sistema de refrigeración completo, de esta manera no se llega a aprovechar por completo el banco didáctico.

Debido a los avances tecnológicos actuales, se puede realizar una renovación y actualización de los sistemas que componen el banco, con el fin de mejorar las habilidades de los estudiantes al momento de interactuar con este tipo de motores, además de permitir dar un

diagnóstico sobre los problemas que puede presentar los sensores o actuadores en el motor de inyección a gasolina.

Antecedentes

Según Veloso y Kumar (2002), la madurez que ha ido en aumento en los países de la triada y el crecimiento que se ha dado en las naciones en desarrollo han generado una diversificación en las necesidades del mercado. Estas necesidades, actúan como agentes de cambio en la evolución del sector. observan que se han desarrollado expectativas específicas en los consumidores, sobre las características del vehículo, su rendimiento y seguridad. Gracias a estas expectativas, se ha impulsado la reestructuración de los mercados, la adopción de estrategias nuevas de producción y la creación de esquemas novedosos para comercializar los automóviles.

Los sistemas electrónicos desempeñan un papel esencial en la configuración y la potencia de tracción de los motores, asumiendo un papel crucial en el control operativo de estos sistemas. En términos generales, los automóviles han experimentado una mayor dependencia de componentes electrónicos en detrimento de los elementos mecánicos. Una amplia gama de sistemas eléctricos, sensores electrónicos y dispositivos de activación han asumido el control y la supervisión del funcionamiento de los vehículos, como señala Santarini (2006). Además, los sistemas electrónicos se utilizan para abordar problemas y realizar diagnósticos de operación, gestionar el sistema de navegación y proporcionar unidades de entretenimiento, según Veloso, et al. (2000).

En la actualidad, un automóvil tiene el doble de funciones electrónicas en comparación con uno fabricado hace diez años. Esta característica contribuye significativamente al 40% del costo total del vehículo, involucrando tanto sistemas eléctricos como diseño de software. De cierta manera, la disciplina electrónica representa la faceta de diseño

Importancia y Alcances

El presente proyecto se presenta como una opción para el aprendizaje de las diferentes problemáticas que se deslindan de un motor Hyundai sonata 1.8 con respecto a sensores o actuadores que componen el sistema eléctrico del motor. La importancia de arraigar es que se puede aprender en tiempo real las fallas que el sistema de motor presenta, así como también, las diferentes mediciones de señales las cuales son enviadas o receptadas en ECU (unidad de control electrónico) y a la vez, la secuencia de señales para la atención eficiente, eficaz y oportuna de un proceso de diagnóstico.

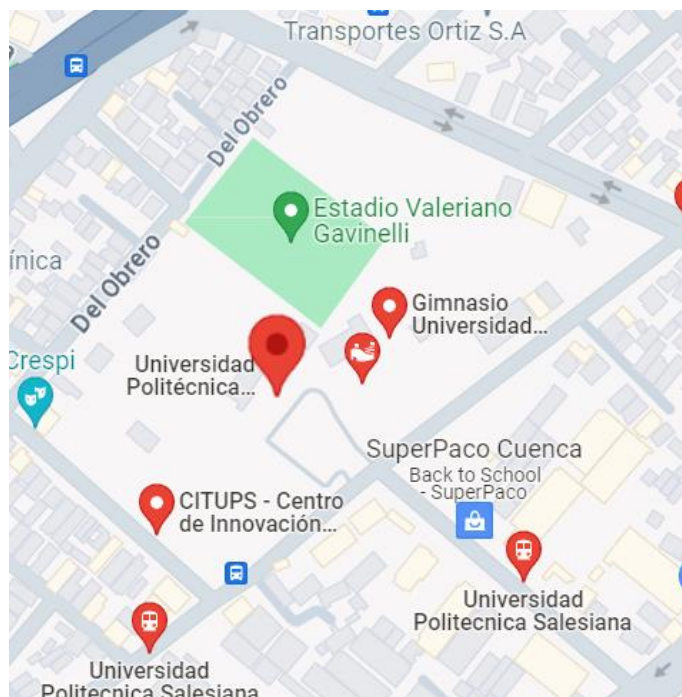
Este trabajo de grado es una forma de contribuir a la carrera de Ingeniería Automotriz, de esta manera la comunidad universitaria puede agrandar o ampliar sus conocimientos con respecto a las fallas que pueden generar los diferentes sensores o actuadores en específico del motor Hyundai Sonata 1.8. de otra manera el banco didáctico en los procesos de enseñanza, aprendizaje para el desarrollo de diferentes aptitudes para dar soluciones a los problemas que puedan presentar en actividades educativas de simulación.

Delimitación

El presente 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 1.

Delimitación geográfica



Nota: (Google, s.f.)

OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar un sistema generador de fallas para sensores y actuadores de un motor Hyundai Sonata G4CM-SR24561.

Objetivos Específicos

- Analizar el estado del arte mediante la indagación bibliográfica para la identificación y selección de las variables a ser consideradas en el sistema propuesto.
- Realizar un diagnóstico previo del motor Hyundai Sonata, mediante la observación y uso de equipos tecnológicos, para la determinación de su estado y propuesta de actividades de reacondicionamiento.
- Implementar el sistema generador de fallos para los sensores y actuadores del motor Hyundai Sonata G4CM, mediante la instrumentación eléctrica necesaria para la realización de pruebas de funcionamiento respectivas.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Motor de Combustión Interna

Se sabe que el trabajo a realizar dentro del motor se consigue gracias a una explosión, la misma que es generada gracias a la energía interna del combustible que se enciende. Entonces, un motor de combustión interna transforma la energía química que está dentro del combustible en energía mecánica, mediante una explosión. Para que esta explosión se genere, existe una serie de procesos; el primero, la admisión: en este proceso es donde se da entrada de la mezcla aire-combustible al cilindro, la compresión: en este proceso se consigue que la presión sea mayor al momento de la explosión, combustión/expansión: se libera la energía en forma de calor, provocando la expansión de los gases dentro de la cámara, y, por último, el escape: proceso donde salen los gases de la combustión para repetir el ciclo. (Villegas, 2007)

1.1.1 Ciclo de Trabajo

Dentro de motores de combustión interna existen diferentes modos de funcionamiento, los cuales se pueden clasificar en según el ciclo de trabajo:

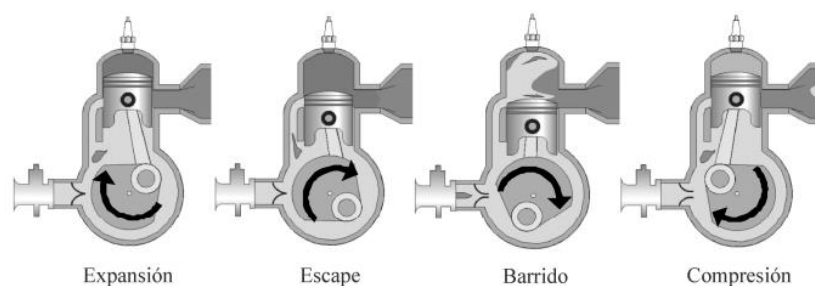
- Motores de 2 tiempos
- Motores de 4 tiempos

1.1.2 Motor de 2 tiempos

En este tipo de motores el ciclo de trabajo se completa en 360 grados de giro del cigüeñal. Es decir, consiste en 4 diferentes fases, las mismas que en motor de 4 tiempo, aunque en este caso con menor duración angular. (Payri González & Desantes, 2011)

Figura 2.

Fases de un motor de 2T



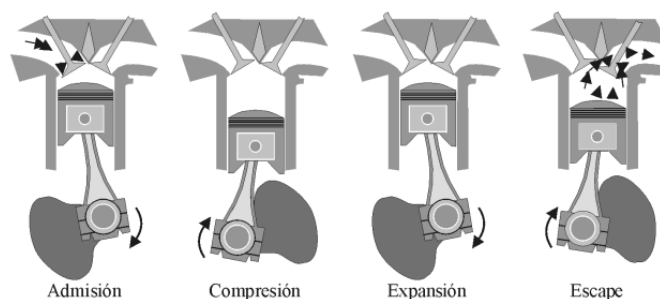
Nota: Tomada de, (Villegas, 2007)

1.1.3 Motor de 4 tiempos

En estos motores el ciclo de trabajo se completa en cuatro carreras del embolo (Payri González & Desantes, 2011). Es decir, consiste es 4 fases diferentes que se repiten en un ciclo para conseguir que la energía química del combustible se transforme en energía mecánica utilizable:

Figura 3.

Fases de un motor 4T



Nota: Tomada de, (Villegas, 2007)

1.2 Motor Hyundai Sonata 1.8

Es un motor de combustión interna de 4 tiempos, que dispone de 4 cilindros en línea con desplazamiento de 1.8 litros, el cual fue fabricado en el año de 1993 hasta el año de 1998. Consta de un sistema de alimentación MPI (Multipoint Fuel Injection), que inyecta combustible en cada uno de los cilindros, lo que optimiza la eficiencia del motor y su rendimiento en diversas condiciones de manejo.

Figura 4.*Banco Didáctico Hyundai Sonata*

Nota: Motor Hyundai Sonata con cilindrada 1.8. Fuente: Los Autores

1.2.1 Características del motor Hyundai Sonata 1.8

- **Información General del Motor**

Tabla 1.*Información General del Motor Hyundai Sonata*

INFORMACIÓN GENERAL	
Marca	Hyundai
Modelo	Sonata
Generación	Sonata III (Y3)
Modificación (motor)	1.8 (98 CV)
Año inicio de la producción	1993
Año fin de la producción	1996
Arquitectura de la unidad de potencia	Motor de combustión interna
Tipo de la carrocería	Berlina
Número de plazas	5
Número de puertas	4

Nota: Adaptado de, (Automotive.Data, 2010)

- **Rendimiento del Motor**

Tabla 2.*Rendimiento del motor Hyundai Sonata*

RENDIMIENTO	
Consumo de combustible urbano	9.1 L/100 Km
Consumo de combustible combinado	7 L/100 Km
Combustible	Gasolina
Aceleración 0-100 km/h	12.1 s
Velocidad máxima	165 km/h
Clasificación de los gases	EURO 1
Relación peso/potencia	12.9 kg/CV, 77.5 CV/tonelada
Relación peso/par	9 kg/Nm, 111.5 Nm/tonelada

Nota: Adaptado de, (Automotive.Data, 2010)

- **Especificaciones del Motor**

Tabla 3.*Especificaciones del motor Hyundai Sonata*

MOTOR	
Potencia máxima	98 CV @ 5500 rpm
Potencia por litro	54.6 CV/L
Par máximo	141 Nm @ 4400 rpm
Disposición del motor	Frontal, transversal
Modelo del motor/Código del motor	Sirius/G4CM
Cilindrada real	1796 cm ³
Número de cilindros	4
Configuración del motor	En línea
Diámetro del cilindro	80.6 mm
Recorrido del cilindro	88 mm
Ratio de compresión	8.9: 1
Número de válvulas por cilindro	2
Sistema de inyección de combustible	Inyección indirecta multipunto
Aspiración del motor	Motor atmosférico
Distribución	SOHC

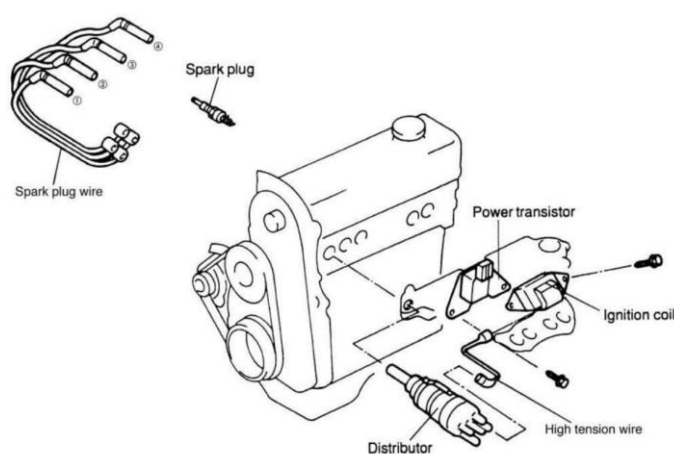
Nota: Adaptado de, (Automotive.Data, 2010).

1.3 Sistema de encendido del Hyundai Sonata

Este sistema cuenta con un distribuidor y una bobina, que se encargan de enviar la corriente eléctrica cada de las bujías en el orden correcto y en el momento adecuado para encender la mezcla aire-combustible en cada uno de los cilindros.

Figura 5.

Esquema del sistema de encendido

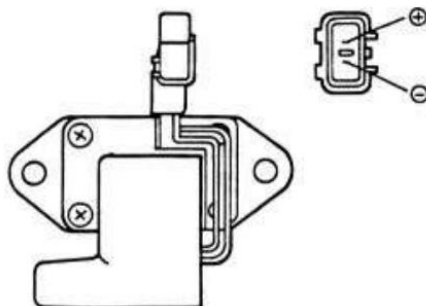


Nota: En la imagen se muestra el esquema y los componentes que conforman el sistema de encendido del Hyundai Sonata y 3.1.8. Tomada de, (Hyundai, Corporation)

1.3.1 Bobina de encendido

La bobina de encendido es un componente eléctrico que transforma la tensión baja proveniente de la batería en una corriente de alta intensidad, generando así la chispa necesaria entre los electrodos de la bujía.

La corriente de baja tensión que la bobina recibe de la batería crea un campo magnético en el núcleo de la misma. Cuando se interrumpe la corriente, es decir, cuando se abre el circuito, el campo magnético colapsa generando una corriente de alta tensión en el bobinado secundario de la bobina. Dicha corriente se dirige a las bujías mediante el distribuidor en el orden y tiempo adecuado para generar la chispa en cada cilindro del motor.

Figura 6.*Bobina de encendido**Nota:* Tomada de, (Hyundai, Corporation)**1.3.2 Distribuidor**

Este elemento se encarga de enviar la corriente eléctrica de alto voltaje que llega de la bobina, por medio de un rotor giratorio en el orden adecuado, hasta las bujías para que se genere la chispa y encender la mezcla.

Figura 7.*Elementos del distribuidor**Nota:* Tomada de, (Luis Enrique Coral Alfaro , 2017)

1.3.3 Bujías

Este elemento es el encargado de hacer saltar la chispa en el cilindro para encender la mezcla aire-combustible. Está compuesto por electrodos, y recubierto de un aislante con el fin de disipar el calor que se genera durante la combustión. Existen 2 tipos de bujías: Las bujías frías y las bujías calientes. (Villegas, 2007)

Figura 8.

Bujías de encendido



Nota: Tomada de (Villegas, 2007)

1.3.5 Transistor de Potencia

La función que desempeña este elemento en el sistema de encendido es la de regular el flujo de corriente que va hacia la bobina. Lo hace mediante señales que recibe de la ECU, que le indican el momento y la duración que debe suministrar energía a la bobina de encendido.

Puede venir equipado de dos maneras: de 3 pines y de 4 pines.

Figura 9.

Transistor de Potencia



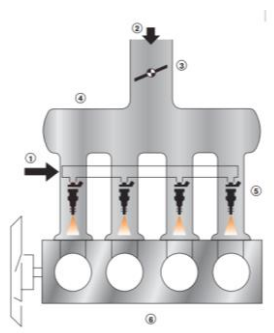
Nota: Se muestra la figura y un esquema del transistor de potencia. Adaptado de (Hyundai, Corporation)

1.4 Sistema de Inyección Multipunto

El sistema de inyección multipunto es una técnica avanzada empleada para alimentar de combustible a un motor de combustión interna. Esta configuración implica la instalación de múltiples inyectores cercanos a la entrada de cada cilindro del motor, lo que posibilita la inyección individual de combustible en cada uno de estos componentes. Esta tecnología ofrece una distribución más precisa y controlada del combustible en comparación con las versiones de inyección más antiguas, generando una mezcla aire-combustible óptima para la combustión. (Villegas, 2007)

Figura 10.

Sistema de Inyección Multipunto



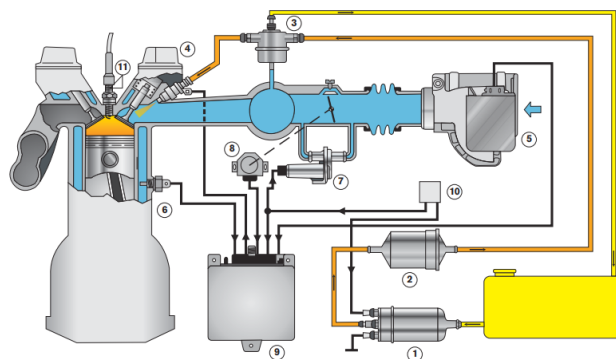
Nota: Tomada de, (Bosch R.)

Este sistema multipunto mejora la eficiencia del motor al proporcionar la cantidad precisa de combustible requerida por cada cilindro en función de las exigencias del motor y las

condiciones de manejo. Este enfoque no solo potencia el rendimiento y la capacidad de respuesta del motor, sino que también reduce la emisión de contaminantes al medio ambiente, al asegurar una combustión más completa y efectiva.

Figura 11.

Esquema del Sistema de Inyección Jetronic



Nota: Tomada de, (Bosch R.)

1.5 Unidad de Control Electrónica (UCM)

La UCM, es un elemento fundamental en los sistemas de gestión de vehículos modernos. Su tarea principal se enfoca en coordinar y dirigir la operación de distintos elementos electrónicos del automóvil, incluyendo el motor, la transmisión, los frenos, el sistema de combustible, entre otros.

Para que esto sea posible, la unidad de control electrónica recopila la información enviada por los sensores que están dispuestos en diversas partes del automóvil, tales como la temperatura del motor, posición del acelerador, la inyección del combustible, entre otras, y así ajustar los parámetros de funcionamiento mediante señales enviadas a diferentes actuadores.

Figura 12.

Unidad de Control Electrónica



Nota: Autores

1.6 Sensores

Un sensor es un dispositivo que da una señal de salida transducible que es función de la variable medida, a partir de la energía del medio donde se mide. (Areny, 2004) En un vehículo los sensores se encargan de recoger información de diferentes componentes de este y los transforma en señales eléctricas, enviándolos a la unidad de control para ser analizadas y utilizadas.

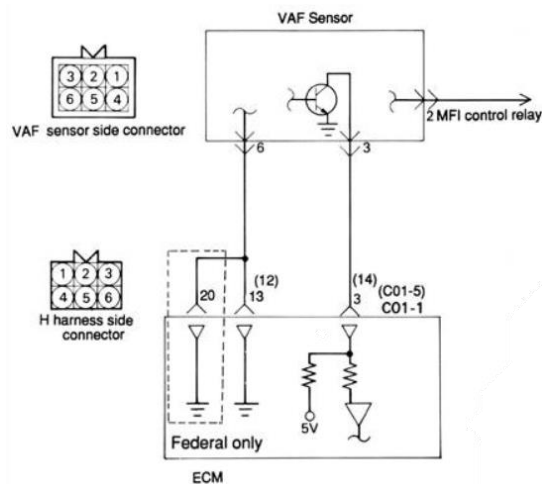
Los sensores desempeñan un papel importante en el funcionamiento y desempeño del motor, esto se debe a que proporcionan la información necesaria para su correcto funcionamiento.

1.6.1 Sensor del caudal del aire VAF

Su función es medir el volumen del aire de admisión. Para detectar el caudal del aire, utiliza el vórtice Kármán. La señal que este sensor adquiere la envía la Unidad de Control, quien utiliza esta señal de volumen de aire de admisión para decidir el tiempo de la duración de inyección del combustible. (Hyundai, Corporation)

Figura 13.

Diagrama del sensor VAF



Nota: Se muestra la imagen real del sensor VAF y el diagrama de conexión del mismo. Fuente: Adaptado de, (Hyundai, Corporation)

Los fallos más comunes que presenta el motor cuando este sensor está trabajando de manera incorrecta son: ralentí inestable, mal rendimiento del motor, consumo elevado de combustible.

1.6.2 Sensor de la temperatura del aire IAT

Este sensor se basa en resistencias, las cuales sirven para detectar la temperatura del aire de admisión, una vez detectada esta información envía una señal a la Unidad de control para que esta proporcione el control necesario de inyección de combustible. Este sensor se encuentra ubicado en el sensor VAF.

Los fallos más comunes que presenta el vehículo cuando este sensor no está en óptimas condiciones pueden ser: elevado consumo de combustible, dificultad de arranque en frío, aceleración elevada.

Comprobaciones del IAT

- Desconecte los conectores del sensor de flujo de aire de volumen.
- Mida la resistencia entre los terminales 4 y 6. Temperatura [°C (°F)].

Tabla 4.*Valores de resistencia del sensor IAT*

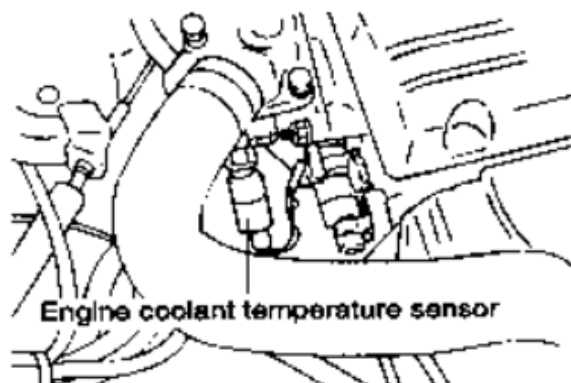
Temperatura [$^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$)]	Resistencia ($\text{k}\Omega$)
0 (32)	6
20 (68)	2.7
80 (176)	0.4

Nota: Autores

- Calentar el sensor y medir las resistencias.
- Si el valor es igual en cada temperatura o varía del valor estándar, cambiar el sensor.

1.6.3 Sensor de temperatura del refrigerante ECT

La función principal de este sensor es determinar la temperatura en la que se encuentra el refrigerante, esta señal la envía la Unidad de Control, quien con esta información controla el ajuste de la mezcla y sincroniza el encendido. La ubicación de este sensor se encuentra cerca del termostato o en el bloque motor.

Figura 14.*Sensor ECT*

Nota: Se muestra una imagen real del sensor ECT y de su ubicación según el manual de taller de motor Hyundai Sonata Y3. Adaptado de, (Hyundai, Corporation)

Los fallos más comunes que presenta el motor cuando este sensor está trabajando de mala incorrecta son: Problemas de arranque en frío, ralentí inestable, consumo de combustible.

Tabla 5.

Conexión del sensor ECT

Sensor ECT		
PIN DEL SENSOR	CONEXIÓN	COLOR
Pin 1	Señal	Rojo
Pin 2	Masa	Negro

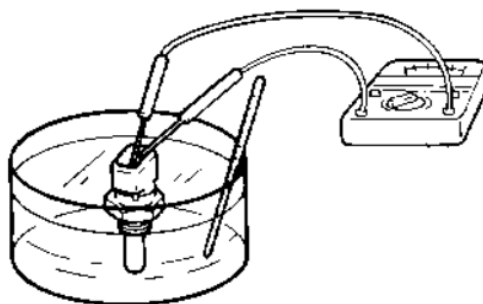
Nota: Autores

Comprobaciones del ECT

- Se debe retirar el sensor de temperatura del refrigerante del motor del colector de admisión.
- La parte del sensor de temperatura del refrigerante del motor debe ser sumergida en un recipiente con agua caliente y se comprueba la resistencia. Los valores dados por el fabricante se pueden observar en la tabla 1-7.

Figura 15.

Medición de la resistencia del sensor ECT



Nota: Tomada de (Hyundai, Corporation)

Tabla 6.

Valores de la resistencia del Sensor ECT

Temperatura (°C)	Resistencia (kΩ)
0	5.9
20	2.5
40	1.1
80	0.3

Nota: Autores

1.6.4 Sensor de Oxígeno

También denominado Sonda Lambda, su función es monitorear la cantidad de oxígeno en los gases de escape del motor. La señal que captada por el sensor es enviada a la Unidad de Control, mediante esta información la UCE puede ajustar la mezcla aire-combustible para que la eficiencia del motor sea la adecuada.

Los fallos que puede presentar el vehículo cuando este sensor no está en óptimas condiciones son: Aumento de combustible, mal desempeño del motor, aumento en las emisiones contaminantes.

Tabla 7.

Conexión del Sensor Oxígeno

Sensor de Oxígeno		
PIN DEL SENSOR	CONEXIÓN	COLOR
Pin 1	Señal	Gris
Pin 2	Masa	Negro
Pin 3	Calefacción (+)	Blanco

Pin 4	Calefacción (-)	Blanco
-------	-----------------	--------

Nota: Autores

Comprobaciones del Sensor de Oxígeno

Lo primero que se debe realizar la comprobación se debe calentar el motor hasta que la temperatura del refrigerante sea de 80 a 95 °C.

- Con la ayuda de un multímetro se procede a medir la resistencia entre el terminal 3 y el terminal 4.

Tabla 8.

Valor de resistencia del Sensor de Oxígeno

Especificaciones	
Temperatura (°C)	400
Resistencia (Ω)	30 o más

Nota: Autores

- Aplique la tensión de la batería directamente entre el terminal 3 y el terminal 4.
- Conecte un voltímetro de tipo digital entre el terminal 1 y el terminal 2.
- Mientras se acelera repetidamente el motor, mida la tensión de salida del sensor de oxígeno.

Tabla 9.

Tensión de salida de la sonda Lambda

Motor	Carrera
Tensión de salida de la sonda Lambda	Mínimo 0.6 V
Observaciones	Hace que la mezcla aire/combustible sea rica

al aumentar el régimen
del motor.

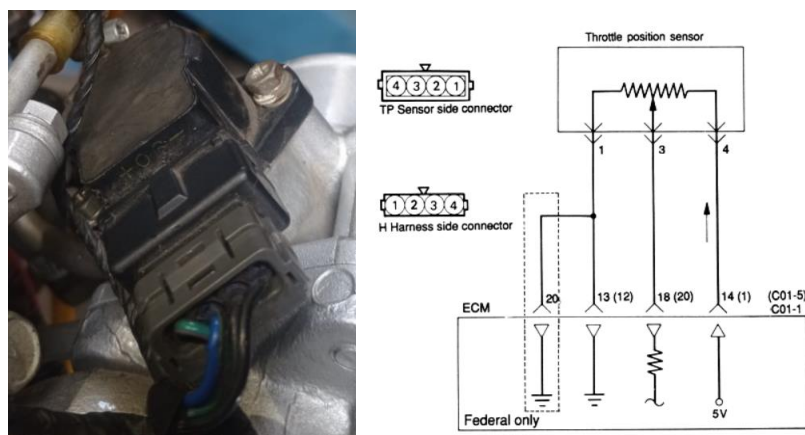
Nota: Autores

1.6.5 Sensor de Posición del Pedal del Acelerador TPS

El sensor del pedal del acelerador registra la posición del pedal, indicando la cantidad de presión ejercida por el conductor. Esta información se transmite a la unidad de control del motor (ECU), lo que posibilita el control preciso de la inyección de combustible en los cilindros y la sincronización del encendido según las necesidades del conductor. Esta función contribuye a optimizar el rendimiento del motor y a proporcionar una respuesta acorde a la posición del pedal, asegurando así un funcionamiento eficiente del acelerador. Este sensor funciona a través de potenciómetros de efecto Hall que registran la posición angular del eje del acelerador.

Figura 16.

Sensor TPS



Nota: Se muestra la imagen real del sensor y un esquema del diagrama eléctrico del mismo, dado por el fabricante. Fuente: Autores y adaptado de (Hyundai, Corporation)

Los fallos que se presentan en el vehículo cuando este sensor está fallando son:
Ralentí inestable, problemas al dar arranque, mala respuesta del acelerador.

Tabla 10.*Conexión del sensor TPS*

Sensor TPS		
PIN DEL SENSOR	CONEXIÓN	COLOR
Pin 1	Masa	Negro raya verde
Pin 2	Interruptor de ralentí	Negro
Pin 3	Señal	Masa
Pin 4	Alimentación	Azul

Nota: Autores**Comprobaciones del TPS**

- Desenchufe el conector del sensor de posición del acelerador.
- Realizar la medición de la resistencia del sensor entre el primer terminal (conexión a tierra del sensor) y el cuarto terminal (alimentación). El valor de la resistencia debe ser 3.5-6.5 k Ω , datos dados por el fabricante.
- Utilice un óhmetro de tipo puntero para conectar el primer terminal (conexión a tierra del sensor) con el tercer terminal (señal del sensor).
- Mueva gradualmente la válvula de mariposa desde su posición de reposo hasta su posición completamente abierta y verifique que la resistencia varíe de manera uniforme en correspondencia con el ángulo de apertura de la válvula de mariposa.

1.7 Actuadores

Los actuadores son elementos de acoplamiento entre el procesamiento eléctrico de la señal y el proceso. (Bosch, 1996). Estos elementos pueden variar en su funcionamiento, existen motores eléctricos, sistemas hidráulicos y neumáticos.

1.7.1 Inyectores

Tienen la responsabilidad de administrar con precisión la cantidad calculada de combustible proporcionada por la unidad de control durante todas las fases operativas del motor. Para asegurar una óptima atomización del combustible con mínima pérdida por condensación, es crucial cumplir con parámetros específicos de distancia y ángulo de inyección, adaptados según las características del motor en cuestión. (Automotriz, 2015)

A través de procesos electromagnéticos, la unidad de control electrónica computa y genera pulsos eléctricos para controlar la apertura y cierre de las válvulas de inyección, utilizando la información actual proveniente del sensor que monitorea el estado operativo del motor.

Figura 17.

Inyector



Nota: Tomada de (Automotriz, 2015)

En el caso del Motor Hyundai Sonata 1.8 el sistema de alimentación es multipunto. En este sistema, se emplea un inyector individual por cada cilindro, lo que permite ubicar el inyector en proximidad directa al cilindro mismo. Cuando el inyector libera la gasolina, esta se mezcla con el aire al ingresar al cilindro. Comparado con el sistema multipunto, este diseño ofrece un rendimiento superior gracias a una mezcla más uniforme y una distribución equitativa para cada cilindro.

Comprobaciones de los Inyectores:

La extracción de los inyectores de combustible no es necesario probarlos. Para probar los inyectores se necesita: estetoscopio automotriz o medidor de resistencia.

Tabla 11.

Valores de la resistencia de los Inyectores

Resistencia de los Inyectores	
Valores dados por el fabricante	13-16 ohmios a 68 ° F / 20 ° C

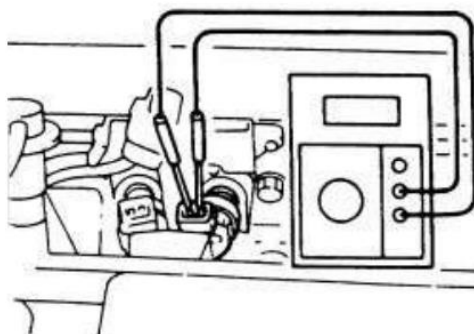
Nota: Autores

Para medir la resistencia de los inyectores se deben seguir los siguientes pasos, establecidos por el fabricante en el manual de taller del vehículo:

1. Desconecte el arnés eléctrico del inyector de combustible.
2. Medir la resistencia entre los terminales del inyector.
3. La resistencia debe estar dentro de los valores dados por el fabricante.
4. Si no se especifica como la lectura de la resistencia, el inyector puede estar defectuoso.

Figura 18.

Medir la resistencia de los terminales del inyector



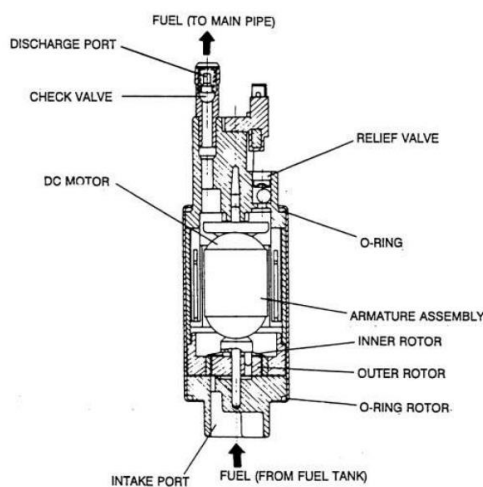
Nota: Tomada de (Hyundai, Corporation)

1.7.2 Bomba de Combustible

Esta bomba se encarga de suministrar la cantidad correcta del combustible al motor, dependiendo de los requisitos de rendimiento del mismo, y está controlada por el sistema de gestión del motor. En la mayoría de casos viene con un filtro, el cual se encarga de garantizar que el combustible llegue limpio hasta los cilindros del motor.

Figura 19.

Esquema de la bomba de combustible



Nota: Tomado de (Hyundai, Corporation)

Prueba de Presión de la bomba de combustible:

Tabla 12.

Valores de presión de la bomba de combustible

Bomba de Combustible	
Valor de presión dada por el fabricante	43.5 psi

Nota: Los Autores

1. Aliviar la presión del sistema de combustible.
2. Desconectar el cable negativo de la batería.
3. Desconectar la manguera de combustible de entrada del filtro de combustible.

4. Conectar un medidor de presión de combustible con los adaptadores apropiados.
5. Conectar el terminal negativo de la batería.
6. Aplicar tensión de la batería al conector de prueba de la bomba de combustible ubicado en el compartimiento del motor, que se estabilizará la bomba de combustible. Con la presión aplicada, comprobar si hay fugas de combustible en el manómetro. Si no hay fugas presentes, continúe con el procedimiento de prueba.
7. Arrancar el motor y hacerlo funcionar a ralentí en vacío.
8. Medir la presión del combustible y compara con las especificaciones.
9. Localizar y desconectar la manguera de vacío funcionando al regulador de presión de combustible. Enchufe el extremo de la manguera y registrar la presión del combustible nuevo. La presión del combustible debería haber aumentado aproximadamente 10 psi.
10. Si las lecturas de presión no estaban en las especificaciones deseadas, realice el siguiente procedimiento de diagnóstico:
 - a. Si la presión del combustible es demasiado baja, compruebe si hay un filtro obstruido combustible, un regulador de presión de combustible defectuoso o una bomba de combustible defectuoso, cualquiera de los cuales será necesario reemplazarlas.
 - b. Si la presión del combustible es demasiado alta, el regulador de presión de combustible es defectuoso y tendrá que ser reemplazado, o el retorno de combustible está torcida. Si la lectura de presión de combustible no cambia cuando se desconecta la manguera de aspiración, el tubo está obstruido o la válvula se ha quedado atascado en el regulador de presión de combustible y que tendrá que ser reemplazado.

- c. Pare el motor y compruebe si hay cambios en el indicador de presión de combustible. No debe caer. Si la lectura del indicador hace gota, ver la velocidad de caída. Si la presión de combustible cae lentamente, la causa más probable es un inyector de fugas que haya que sustituirlo. Si la presión de combustible cae inmediatamente después que el motor se detiene, la válvula de retención en la bomba de combustible no se está cerrando y la bomba de combustible tendrá que ser reemplazado.

11. Aliviar la presión del sistema de combustible.

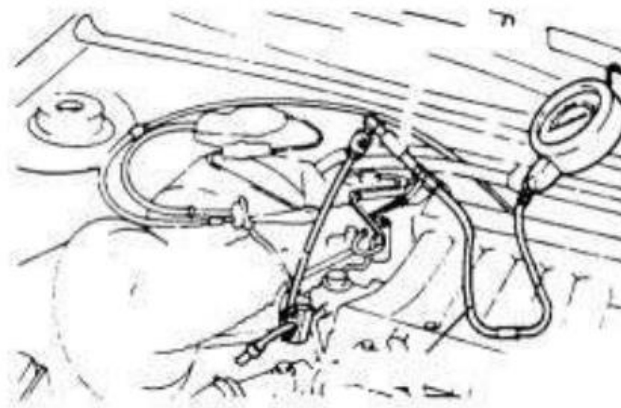
12. Retire el medidor de presión de combustible.

13. Aplicar tensión de la batería al conector de retención de la bomba de combustible.

Compruebe si hay fugas.

Figura 20.

Conexión de la prueba de presión del combustible



Nota: Tomada de (Hyundai, Corporation)

1.8 Método de diagnóstico de fallos

El proceso de diagnóstico es muy importante en el ámbito de la ingeniería, ya que el mismo nos representa el mantenimiento de la productividad y calidad de los procesos.

Los procesos de diagnóstico e identificación de fallas se pueden separar en dos partes. En la primera parte se basará en la detección de las fallas en el tiempo que se presenten en el sistema y la segunda consistiría en diagnosticar la falla por diferentes síntomas que presente el motor ya sea por causa de un sensor o de un actuador.

En la actualidad los vehículos cuentan con distintas clases de sensores o actuadores, por lo cual las averías pueden ser muy diversas por lo cual se puede clasificar en tres diferentes bloques de esta manera se reduce el campo del diagnóstico:

Sensores:

- Mecánicos: sensores que cierran o abren circuitos los cuales pueden presentar un daño en su sistema de apertura por lo cual no entregue información correcta.
- Eléctricos: sensores que cuentan con un bobinado o resistencia las cuales se encargan de transmitir la señal a la unidad del motor.
- Electrónicos: están expuestos a fallos del sistema de alimentación que los nutre para enviar la señal que consiste en una variación en el voltaje según el régimen de giro del motor.

Actuadores:

- Electromagnéticos: son aquellos elementos físicos con la capacidad de generar una región de campo magnético uniforme. Dentro de esta categoría se incluyen el relé, el inyector y el solenoide del motor de arranque.
- Electromotores: Basan su funcionamiento en el principio de que la energía eléctrica se puede transformar en energía mecánica. Por ejemplo, la bomba de combustible que recibe corriente a través de las escobillas y hace girar el rotor donde se encuentran los rodillos.

Para el sistema de diagnóstico de fallas, es esencial considerar la detección y diagnóstico temprano, la discriminación entre diversas fallas con robustez ante el ruido e incertidumbre, la capacidad de distinguir si la falla es conocida o desconocida.

El proceso del diagnóstico de fallas en los sensores y actuadoras en un motor de combustión interna puede ser un problema desde el más sencillo o puede llegar a ser un problema complejo y variado. Con lo cual se puede comenzar con la ayuda de un multímetro ya que esta herramienta brinda información rápida o el origen de la falla. Posteriormente evaluar las condiciones o el estado que se encuentran los diferentes elementos como la batería, los filtros y por último las compresiones del motor, se presenta fallas típicas y correlacionadas a los diferentes sistemas que contiene el motor.

- Dificultad para arrancar el motor, fallo intermitente o pérdida completa de la potencia mientras se conduce el vehículo
- Aumento del consumo del combustible, emisiones elevadas, o incluso fallos en la regulación del ralentí
- Problemas de arranque en frío, calentamiento excesivo del motor, rendimiento ineficiente y posiblemente la activación del modo de emergencia del motor.
- Ralentí inestable, dificultad para mantener la velocidad en ralentí o incluso caladas del motor
- Falta de potencia, combustión irregular aumento del consumo de combustible y posiblemente humo negro en el escape
- Ralentí inestable, dificultad para mantener la velocidad constante además de un consumo excesivo de combustible.
- Apagado del motor debido a fallas en las bujías y sus cables, cableado del arnés en mal estado, baterías alternador, sensores, señales de la ECU.

- Explosiones erráticas por fallas en los tiempos, cadena o faja de tiempo, cables de bujías, sensores.

Otra de las formas de diagnóstico es mediante la inspección de las diferentes señales, las cuales se presentan por la forma de ondas típicas y atípicas de los diferentes elementos que componen los diferentes sistemas comunes del motor. En este tipo de diagnóstico se utiliza maquinaria computarizada las cuales obtienen las gráficas de los diferentes señores o actuadores.

1.9 Banco didáctico

Es un equipo o conjunto de herramientas y dispositivos diseñados específicamente con fines educativos y formativos en el campo de la mecánica automotriz estos bancos didácticos se utilizan para la enseñanza y capacitación de estudiantes y profesionales del sector automotriz, con el fin de proporcionar un entorno práctico y seguro donde se puede estudiar y aplicar conceptos teóricos relacionados con los sistemas y componentes de los vehículos.

La estructura para inspeccionar exclusivamente el comportamiento del motor debe estar fijada sobre un soporte apropiado, que conecte a un freno dinamométrico por medio de juntas. En cambio, si se desea analizar las prestaciones globales de un sistema de motor- transición, su estructura deberá situarse sobre bancos de rodillo directamente por las ruedas.

1.9.1 Componentes del banco de pruebas

Los elementos que debe componer un banco didáctico son los siguientes:

- Estructura diseñada para el soporte del motor
- Bancada para soportar al motor
- Sistema de alimentación e instrumentos de medición de consumo
- Sistema de refrigeración
- Sistema de escape y sistema de ventilación

- Sistema de lubricación
- Sistema de encendido
- Sistema de combustible

1.9.2 Materiales o instrumentos para los equipos de monitoreo

Los equipos de monitoreo en un banco didáctico de un motor de combustión interna son esenciales para permitir a los estudiantes y profesionales realizar mediciones y análisis detallados durante el funcionamiento del motor.

En adición es importante los sensores puesto que estos son encargados de medir los parámetros del motor los cuales, son enviados a la ECU, asimismo, la lectura de unidad de sensores envía señales de activación para los actuadores que son encargados de las variaciones para el perfecto funcionamiento del motor.

Entre los equipos de monitoreo se encuentran los siguientes:

Sensores y transductores:

- Sensores de temperatura
- Sensores de presión
- Sensores de rpm
- Sensores de oxígeno

Instrumentos de medición:

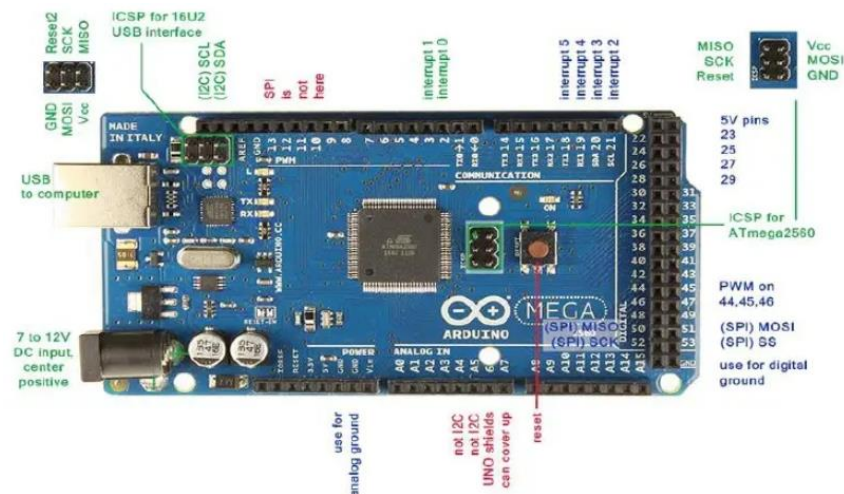
- Multímetros
- Manómetros
- Termómetros

1.10 Arduino MEGA

Es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART, un cristal de 16Mhz, conexión USB, un conector para alimentación DC, conector ICSP, y un botón de reseteo. La placa Mega 2560 es compatible con la mayoría de shields compatibles para Arduino UNO.

Figura 21.

Arduino MEGA



Nota: Tomada de (Guillermo)

Elegir el software es fundamental para crear una maqueta virtual precisa, interactiva y de fácil uso en actividades educativas teniendo en consideración de diferentes aspectos como el nivel de experiencia, objetivos de la simulación o la disponibilidad de los diferentes softwares para la creación del modelado de la maqueta.

1.10.1 Software de activación

Para realizar la programación del generador de fallos en el Arduino Mega, utilizaremos el software llamado Arduino IDE, mismo que nos facilita la programación de microcontroladores debido a su simplicidad y versatilidad, lo que lo hace idóneo para

desarrollar generadores de fallo. La facilidad de uso de Arduino IDE permite a los educadores y estudiantes concentrarse en los aspectos prácticos del diagnóstico automotriz, sin la necesidad de una profunda experiencia en programación. Por ejemplo, al implementar un generador de fallos, se puede simular la respuesta de sensores y actuadoras ante diferentes condiciones, ayudando a entender cómo estos componentes interactúan con la unidad de control del motor. (Wilmer Contreras Urgilés-José Maldonado Ortega-Rogelio León Japa, 2018)

CAPÍTULO 2

2. DIAGNÓSTICO Y REACONDICIONAMIENTO DEL MOTOR

HYUNDAI SONATA G4CM-SR2561

2.1 Parámetros del motor

Este capítulo se mostrará las características que presenta el motor Hyundai Sonata G4CM-SR2561, mediante fuentes bibliográficas. Este es un motor de combustión interna a gasolina que posee una cilindrada de 1.8 L (1796 cm^3) con 4 cilindros en línea, y su ciclo de trabajo es de 4 tiempos que alcanza una potencia máxima de 98CV a 5500 rpm y un par máximo de 141 Nm a 4400 rpm. Hyundai lanzó este modelo en 1993 hasta 1998.

Figura 22.

Motor Hyundai Sonata 1.8 de la serie G4CM



Nota: Autores

2.1.1 Especificaciones del motor

Tabla 13.

Especificaciones más relevantes del motor

Motor Hyundai Sonata

Información general

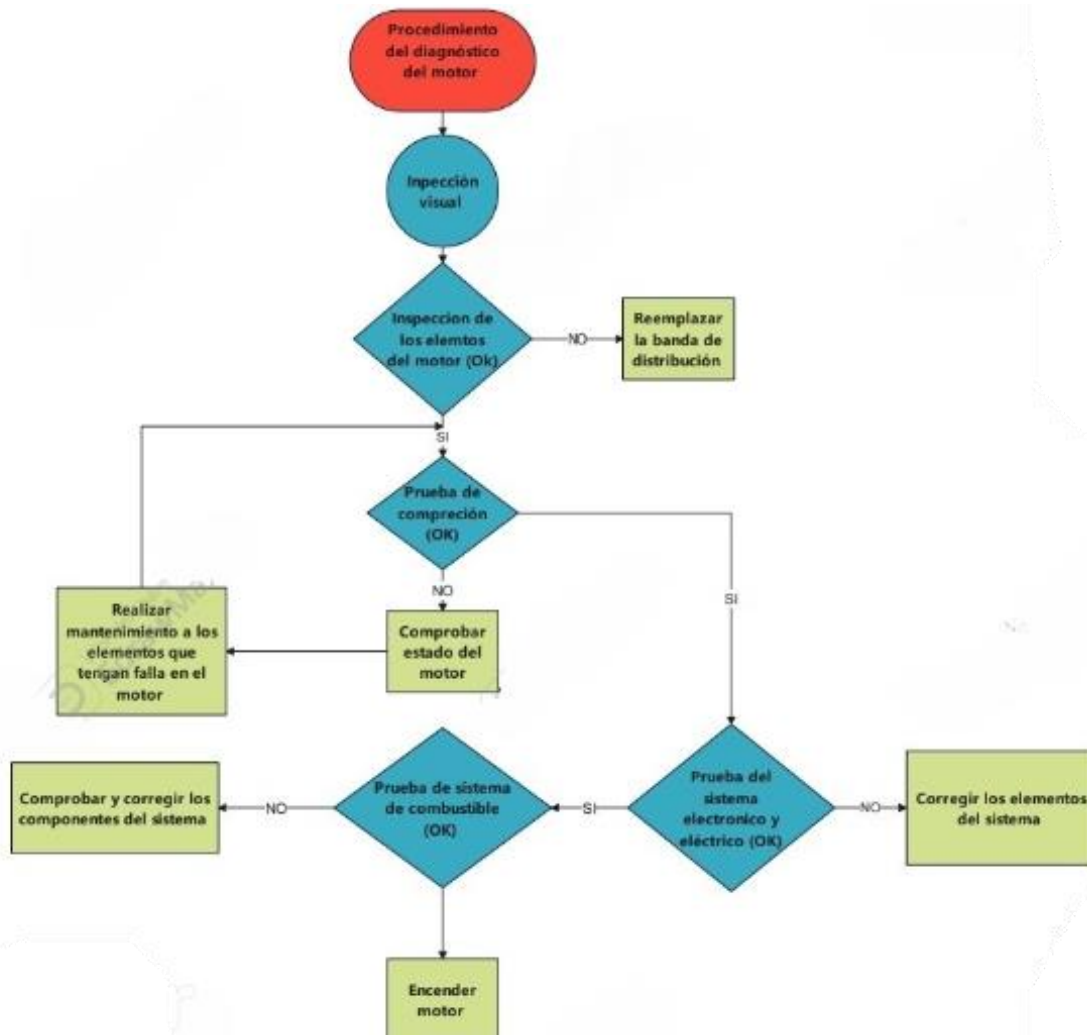
Fabricante	Hyundai
Modelo	Sonata (G4CM)
Modificación (Motor)	1.8 (98 CV)
Arquitectura de la unidad de potencia	Motor de combustión interna
Motor	
Potencia máxima	98CV @ 5500 rpm
Potencia por litro	54.6CV / l
Par maximo	141 Nm @ 4400rpm.
Relacion de compresion	8.9: 1
Dispocion del motor	Frontal, transversal
Cilindrada real	1796 cm ³
Número de cilindros	4
Configuracion del motor	En linea
Diámetro del cilindro	80,6 mm
Recorrido del cilindro	88 mm
Sistema de combustible	Inyección indirecta multipunto
Aspiracion del motor	Motor atmosferico
Distribucción	SOHC0
Rendimineto	
Combustible	Gasolina
Velocidad máxima	165 Km/h
Relacion peso / potencia	12,9 kg/CV
Relacion peso / par	9 kg/ Nm

Nota: Autores

2.2 Análisis de componentes del motor Hyundai Sonata 1,8 de la serie G4CM

Tabla 14.

Flujograma de diagnóstico



Nota: Autores

Según la norma SAE J1349 establece los diferentes aspectos que se debe considerar para realizar diferentes tipos de pruebas a motores en los cuales se basa en la revisión de los diferentes sistemas que conforman el mismo.

Aspectos a tomar en cuenta antes de las pruebas:

- Inspección visual del motor en busca de rastro de pérdida de líquidos.

- Inspección visual del sistema de cableado del motor con el fin de identificar defectos o cortes en los mismos.
- Análisis del funcionamiento de los sistemas tanto de enfriamiento y de combustible.
- Verificación de una correcta conexión eléctrica de todos los elementos y equipos que se utilizaran en las pruebas, de esta manera se evita que pueda surgir un corto circuito o fallas durante las pruebas.
- Análisis de los diferentes actuadores del motor con el fin de evitar fallas de trabajo o funcionamiento

Para una correcto diagnostico dejar que el motor alcance su temperatura optima de trabajo el cual posee un rango de entre (70 a 90 °C) y se estabilice su giro en un rango de entre 850 a 900 rpm.

2.3 Inspección visual del estado de motor Hyundai Sonata 1,8

Luego de la inspección visual que se le realizo al motor se pudo obtener diferentes resultados y observaciones las cuales no demuestra que el motor no está en perfectas condiciones ya que necesita el remplazo de diferentes partes de este para llegar a un correcto funcionamiento.

Tabla 15.

Validación del estado de los componentes del motor Hyundai Sonata 1,8

Validación cualitativa del motor				
Ítem	Estado			Observaciones
	Bueno	Malo	Ausente	
Sistema de refrigeración				
Radiador	X			Ninguno
Tapa de radiador		X		Ninguno
Bomba de agua	X			Ninguno

Electroventilador	X		Ninguno
Deposito del refrigerante	X		Ninguno
Termostato	X		Ninguno
Mangueras de refrigeración		X	Falta de mangueras
Sistema de alimentación			
Depósito de combustible	X		Ninguno
Bomba de combustible	X		Ninguno
Filtro de gasolina	X		Falta de soporte
Riel de inyección	X		Ninguno
Inyectores	X		Ninguno
Líneas de combustible	X		Ninguno
Sistema De Encendido			
Llave de contacto	X		Ninguno
Batería	X		Ninguno
Alternador	X		Ninguno
Bujías		X	Presencia de carbón y daños en la rosca
Bobinas	X		Ninguno
Terminales de la batería		X	Presenta roturas
Distribuidor	X		Ninguno
Sistema eléctrico			
Unidad de control electrónico	X		Ninguno
Motor de arranque		X	Falta de tuercas de sujeción de terminales
Conectores eléctricos		X	Ruptura de pines y cables
Sensor ECT		X	Ninguno

Sensor MAP	X		Ninguno
Cajas de fusibles	X		Ninguno
Terminales de la batería	X		Ninguno
Sensor de oxígeno	X		Ninguno
Sensor TPS	X		Ninguno
Sistema de lubricación			
Filtro de aceite	X		Ninguno
Aceite de motor	X		Ninguno
Sistema de distribución			
Banda de distribución	X		Ninguno
Banda de accesorios	X		Ninguno
Tapa válvulas		X	Ninguno
Rodillo	X		Ninguno
Tensor	X		Ninguno

Nota: Autores

Tabla 16.

Inspección visual de los elementos del banco didáctico

Inspección del banco didáctico del motor Hyundai sonata		
Elementos	Inspección visual Estado	Observaciones
Sistema de refrigeración		<ul style="list-style-type: none"> • Falta de mangueras en el sistema de refrigeración • Sin presencia del sensor ECT. • Falta de conexiones en el sistema. • Falta del depósito de reserva del sistema

Sistema de lubricación



- Se presentan filtraciones de aceite por el empaque del tapa válvulas

Depósito de combustible



- No se encuentra con presencia de fugas de combustible.
- Filtro con presencia de impurezas

Sistema de admisión del aire



- Sin la presencia del filtro de aire en la entrada de admisión
- Presencia de aceite y humedad den el cuerpo de aceleración

Cableado del motor



- Se evidencia conexiones rotas
- Cables en mal estado
- Presencia de soldaduras en mal estado

Nota: Autores

2.3 Comprobación de los sistemas del motor

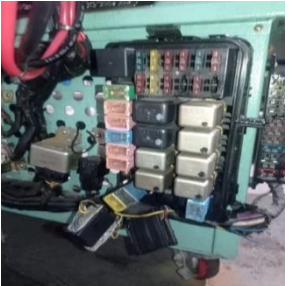
Una vez realizada la inspección visual de los diferentes sistemas se procede a realizar las diferentes comprobaciones de los sistemas ya mencionados.

2.3.1 Sistema Eléctrico

Tabla 17.

Inspección del sistema eléctrico del motor

Sistema eléctrico del banco didáctico

Elementos	Estado	Observaciones
Terminales y cables de la batería		<ul style="list-style-type: none"> • Los terminales presentan sulfatación • Acumulación de residuos • Golpes y deformaciones
Batería		<ul style="list-style-type: none"> • Presenta deterioro en los bornes de la batería • Presencia de sulfatación
Caja de fusibles		<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de fisuras en la tapa de la caja de fusibles • Colocación incorrecta de la tapa
Cableado de los diferentes componentes		<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de roturas en diferentes puntos de los arneses • Cables en mal estado
Terminales de sensores o actuadores		<ul style="list-style-type: none"> • Ruptura de seguros de terminales • Cables rotos o desconectados • Presencia de malas soldaduras


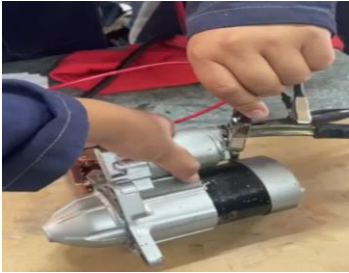


Nota: Autores

2.3.2 Sensores y Actuadores

Se procede a realizar las comprobaciones de los diferentes actuadores con el fin de respaldar el correcto funcionamiento de los mismos.

Tabla 18.

Inspección de los actuadores




Actuadores que se encuentran en el motor		
Elementos	Figura	Observaciones
Bujías		<ul style="list-style-type: none"> Las bujías de los cilindros 2 y 3 presentan daños en las roscas. Las bujías de todos los cilindros presentan excesiva carbonilla en los electrodos.
Motor de arranque		<ul style="list-style-type: none"> El motor de arranque no cuenta con la tuerca del conector 30 (positivo desde la batería)
Bobinas		<ul style="list-style-type: none"> Las bobinas se encuentran en buen estado
Inyectores		<ul style="list-style-type: none"> Los inyectores se encuentran con impurezas en las entradas eléctricas

Nota: Autores

Se procede a realizar la inspección visual y funcional de los diferentes sensores que posee el motor.

Tabla 19.

Inspección de los sensores del motor

Sensores que se encuentran en el motor		
Elementos	Figura	Observaciones
Sensor TPS		<ul style="list-style-type: none"> • No presenta problemas
Sensor IAT		<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta una ruptura en los cables del socket
Sensor ECT		<ul style="list-style-type: none"> • El motor no cuenta con el sensor

Nota: Autores

Se presenta a continuación los valores que proporciona el fabricante:

Tabla 20.

Datos de las resistencias establecidos por el fabricante

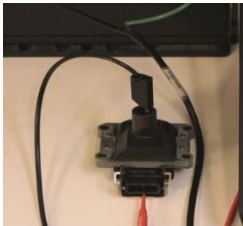

DATOS ESTABLECIDOS POR EL FABRICANTE		
RESISTENCIA DE SENSORES Y ACTUADORES	Bobina de encendido	Bobinado primario: $0.86 \pm 0.09\Omega$ Bobinado secundario: $12.1 \pm 1.8K\Omega$
	IAT	2,5 K Ω at 20 °C (68 °F)
	TPS	3.5-6.5 K Ω 0.48-0.52 V
	ECT	0,3 K Ω at 80 °C (176 °F)
	Inyectores	13-16(at 20 °C(68°F)) 5.8k Ω 8.4k Ω 10.6k Ω 9.7k Ω
	Cables de bujías	



Nota: Autores

Medición de la resistencia de los componentes del motor:

Tabla 21.

Valores de la resistencia de los componentes del motor

DATOS TOMADOS DE RESISTENCIA DE LOS COMPONENTES		
COMPONENTES	EVIDENCIA	VALOR
BOBINAS		Bobinado primario: 0,84 Ω
		Bobinado secundario: 12,34 k Ω
ECT		0,35 K Ω

INYECTORES		Inyector 1	14,5Ω	
 		Inyector 2	14,6Ω	
		Inyector 3	14,75Ω	
		Inyector 4	14,5Ω	
		Longitud	Resistencia	
CABLES DE BUJIAS		1	10,5 cm	5.8KΩ
		2	14,5cm	8.3KΩ
		3	17,3cm	10,6KΩ
		4	17,5cm	10,85KΩ



Nota: Autores

2.3.3 Prueba de compresión del motor

Medición de la compresión de los cilindros del motor para comprobar el estado:

Tabla 22.

Medición de la compresión en los cilindros del motor

Medición de la compresión			
Descripción	Figura	Valor fabricante	Observaciones
Medición del cilindro 1		120-171 psi	El valor obtenido es de 150 psi, es decir, cumple con lo establecido por el fabricante.
Medición del cilindro 2		120-171 psi	El valor obtenido es de 150 psi, es decir, cumple con lo establecido por el fabricante.

Medición del cilindro 3



120-171 psi

El valor obtenido es de 150 psi, es decir, cumple con lo establecido por el fabricante.

Medición del cilindro 4



120-171 psi

El valor obtenido es de 150 psi, es decir, cumple con lo establecido por el fabricante.

Nota: Autores

2.4 Diseño de la estructura del banco didáctico

2.4.1 Estado de la estructura del banco didáctico

Las condiciones en las que se encontraba la estructura del banco didáctico es que presenta deterioro en diferentes zonas de la pintura, por lo cual lo más óptimo es desmontar el motor para colocar una nueva capa de pintura con el mismo tono que la anterior además de implementar la estructura para los componentes de control del motor y el sistema generador de fallos.

Figura 23.

Condiciones de la estructura del banco didáctico



Nota: Autores

2.4.2 Diseño de la estructura mediante software

La principal consideración para este diseño fue la seguridad que ésta debe brindar a sus usuarios al momento de realizar cualquier tipo de comprobación para que no exista ningún daño. Se considero también, las normas de seguridad empleadas por los talleres de UPS con el fin de minimizar cualquier riesgo a accidentes.

Las dimensiones utilizadas para realizar el diseño de la estructura han sido tomadas en base al análisis del promedio de estatura en nuestro país Ecuador, que según estudios realizados es de 1,52m para mujeres y 1,64m para hombres (Telégrafo, 2017). Esto con el fin de garantizar un entorno más cómodo y funcional con los estudiantes y docentes que realizarán prácticas con el banco didáctico.

Para el diseño de los indicadores del tablero de instrumentos se utilizó el programa o software Autodesk Inventor Profesional 2022, donde se realizó el diseño de todo el panel el cual va contener los diferentes circuitos y controladores que va a tener el banco didáctico para el diseño se tomó como referencia el banco didáctico del motor Hyundai Sonata 1,8.

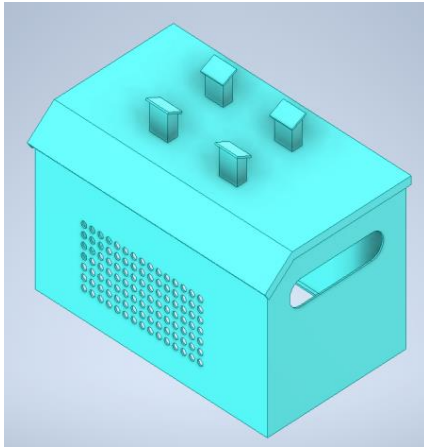
Tabla 23.

Modelado de la estructura en software Autodesk Inventor Profesional 2022

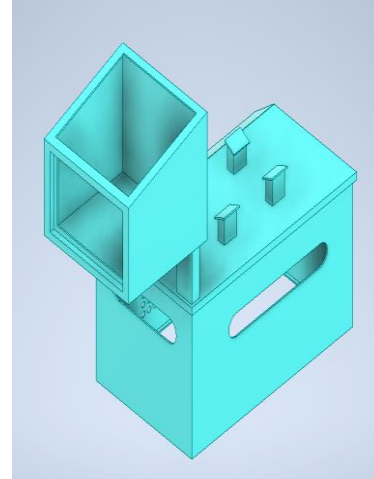
ESTRUCTURA DEL BANCO DIDÁCTICO

Diseño de la base de controladores del

Diseño de la base del motor



sistema generador de fallas



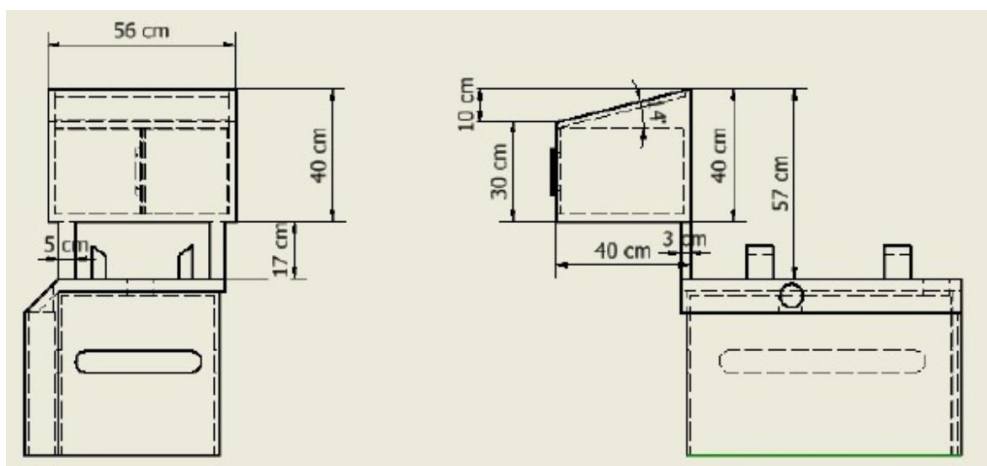
Nota: Autores

2.4.3 Dimensiones y materiales para el tablero del panel de instrumentos

Para proporcionar las dimensiones se procede a realizar los planos con la herramienta de dibujo DWG con la facilidad del programa Autodesk Inventor 2022 con lo cual nos facilita la acotación de las medidas que se utilizaron para la construcción de la misma a continuación se muestra los planos frontales, lateral izquierdo y lateral derecho.

Figura 24.

Planos de la estructura



Nota: Autores

Tabla 24.

Materiales utilizados para realizar el panel de instrumentos

Material	Imagen	Observación
Plancha de acero inoxidable		1 mm de espesor
Bisagras		Bisagras de soldadura de 2in
Tubos rectangulares		Medidas de 4 x 2 x 2.90 mm
Tornillos		Cabeza de estrella #6 x 3/8 in
Jalador de barra		2 en color plateado
Pintura verde		1/4 Pintura de automotriz sintético

Diluyente



1 litro

Electrodos



Electrodo AGA 6011

Bate piedra



Color negro 1/8

Nota: Autores

2.5 Análisis estructural

Se realiza un análisis estructural a la base del banco didáctico para comprobar su resistencia a la deformación que puede causar la masa del motor.

Fuerza aplicada:

El peso que se aplicara a base se calcula mediante la siguiente formula

$$w = m * g$$

w: peso

m: masa

g: valor aproximado de la fuerza de gravedad

Para realizar el cálculo del peso se tomarán en cuenta los siguientes valores:

$$P = 280 \text{ kg}$$

$$g = 9.81m/s^2$$

Reemplazando los valores en la ecuación se tiene:

$$w = 262 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$w = 2570.22 \text{ N}$$

A continuación, se debe realizar el cálculo del factor de seguridad, para lo cual se adiciona un peso adicional al peso antes calculado, será un 6% adicional.

$$F = w * f$$

Donde:

F= Factor de seguridad

F: Porcentaje de seguridad

P: Peso

Reemplazar los valores en la ecuación:

$$F = 2570.22 * 0.06$$

$$F = 154.21 \text{ N}$$

Una vez obtenidos estos valores se podrá encontrar el peso total que deberá soportar la estructura, mediante la suma del peso del motor y el factor de seguridad.

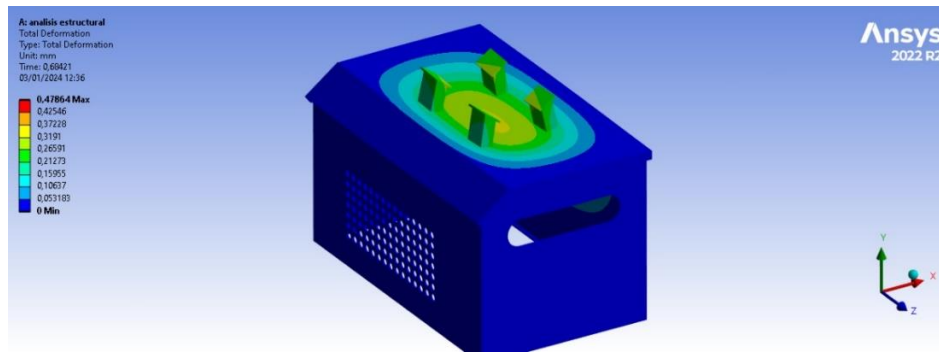
$$P_t = P + F$$

$$P_t = 2570.22 + 154.21$$

$$P_t = 2724.43 \text{ N}$$

Figura 25.

Análisis de la estructura en ANSYS



Nota: Autores

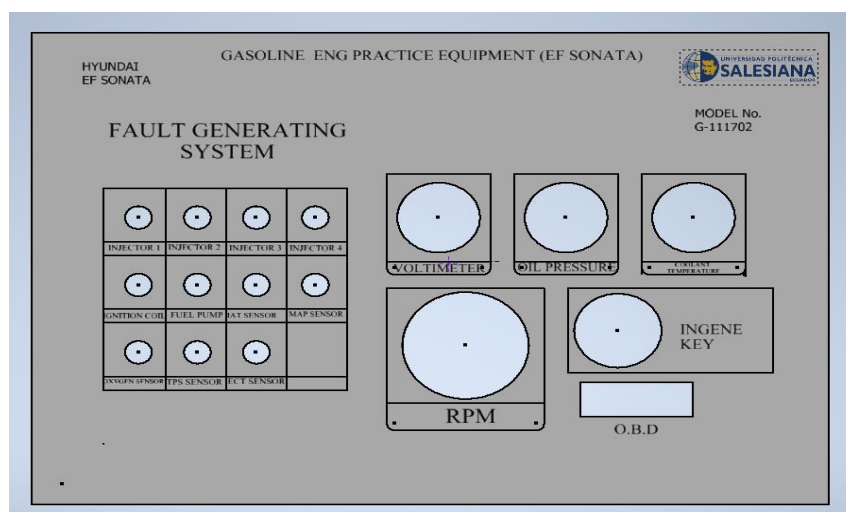
Para realizar el análisis de la estructura en ANSYS, se consideró el peso total que fue calculado anteriormente (2724 N). Mediante este análisis se comprobó que la estructura es capaz de resistir el peso total del motor.

2.6 Diseño del panel de instrumentos

Para el diseño del panel instrumentos se utilizó el programa Autodesk Inventor 2022 el cual facilita la proyección del mismo mostrando las perforaciones y le grabado que se realizara en la plancha alucubond.

Figura 26.

Panel de instrumentos



Nota: Autores

2.7 Implementación de instrumentos de control

Para la implementación de los diferentes elementos se deberá buscar los diferentes diagramas o esquemas que faciliten la conexión de los mismos con el fin de conseguir un correcto funcionamiento.

2.7.1 Sistema de encendido (switch de encendido)

El switch de encendido es un elemento esencial para la activación o desactivación de el paso de la corriente eléctrica en el sistema de encendido además de controlar las diferentes funciones eléctricas del vehículo, este elemento puede poseer diferentes posiciones como apagado, accesorios y encendido en algunos modelos existe una opción más que es la que nos ayuda al bloque de la dirección a continuación se describirá cada una de las posiciones que posee el mismo:

- **Apagado off:** en esta posición el switch corta el flujo de corriente eléctrica del motor y de los diferentes sistemas eléctricos del vehículo.
- **Accesorios (ACC):** En esta posición se activa diferentes sistemas auxiliares del motor y del vehículo como el radio, luces entre otros
- **Encendido (ON):** En esta posición se activa la corriente eléctrica del motor para el sistema de encendido además de otros componentes del motor
- **Bloqueo de Dirección:** en diferentes vehículos posee un vínculo mecánicamente al bloqueo de la dirección, por lo cual para la liberación del movimiento del volante debe estar en una posición adecuada.

Figura 27.

Switch de encendido

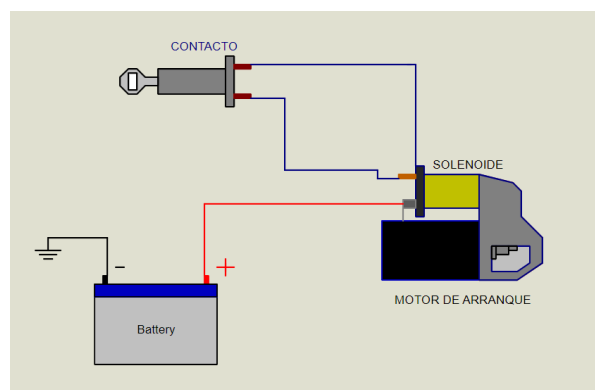


Nota: Autores

Con el esquema eléctrico del sistema de encendido se procede a realizar la instalación comprobación del funcionamiento en el banco didáctico del motor Hyundai Sonata

Figura 28.

Esquema de conexión



Nota: Autores

2.7.2 Medidor de presión de aceite

Un manómetro de presión es un indicador el cual es utiliza para tener una referencia con respecto a la presión del aceite de un motor de combustión interna. por lo contrario de los transductores de presión tradicionales ya que estos son dispositivos que cuentan con un dial circular además de contar con un puntero accionado mecánicamente los cuales se utilizan desde mucho tiempo atrás por su confiabilidad.

- Presión de aceite baja: las principales consecuencias para una presión baja pueden ser que en el sistema de lubricación exista una obstrucción o exista pérdida de aceite por algún reten o empaque.
- Presión de aceite alta: este caso se puede dar cuando el motor se encuentra trabajando a altas revoluciones o forzando a trabajos de grandes cargas.

Figura 29.

Medidor de presión de aceite

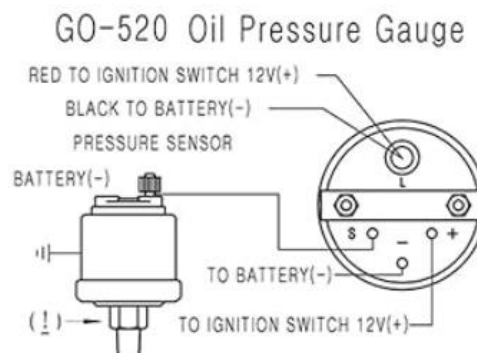


Nota: Autores

Para el correcto funcionamiento del medidor de presión de aceite de procedió a instalar de la siguiente manera:

Figura 30.

Esquema de conexión



Nota: Autores

2.7.3 Medidor de la temperatura del refrigerante:

El indicador de temperatura del motor, está diseñado para informar al conductor sobre la temperatura del motor o refrigerante del motor del vehículo.

Si el indicador de temperatura del motor indica una lectura elevada, esto puede significar que el vehículo se está sobrecalentado. Otra de las causas puede ser que existe una fuga en el sistema de refrigeración o el líquido de refrigeración se está evaporando. Otras de las causas puede que el elemento de termostato se encuentre defectuoso por lo cual no cumpla bien con su funcionamiento.

Figura 31.

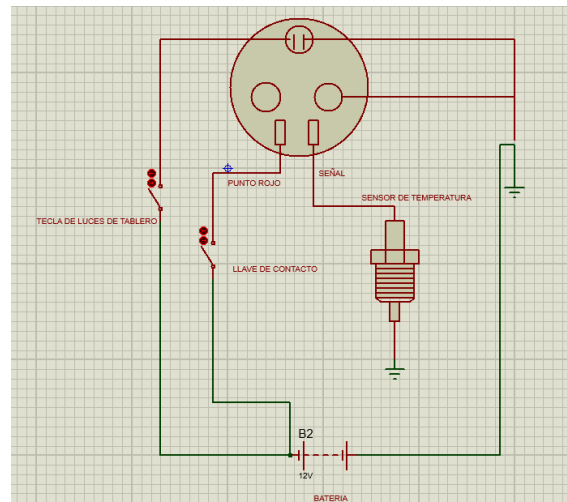
Medidor de Temperatura



Nota: Autores

Figura 32.

Esquema de conexión



Nota: Autores

2.6.4 Medidor de voltaje de la batería

El voltímetro es el elemento encargado de medir el voltaje, que posee la batería con el fin de verificar el funcionamiento del sistema eléctrico y además de verificar el correcto funcionamiento del sistema de carga de la batería.

Figura 33.

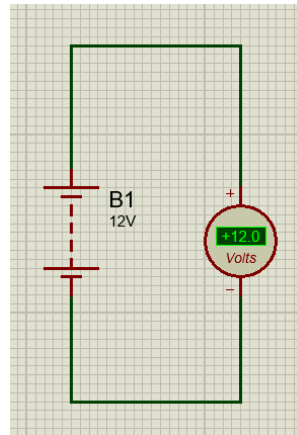
Medidor de voltaje



Nota: Autores

Figura 34.

Diagrama eléctrico



Nota: Autores

2.7.5 Medidor de las revoluciones del motor (RPM)

Este instrumento mide las revoluciones del motor, es decir, indica el número de vueltas que completa el cigüeñal en un minuto. Gracias a la información que proporciona este instrumento permite controlar la velocidad del motor.

Figura 35.

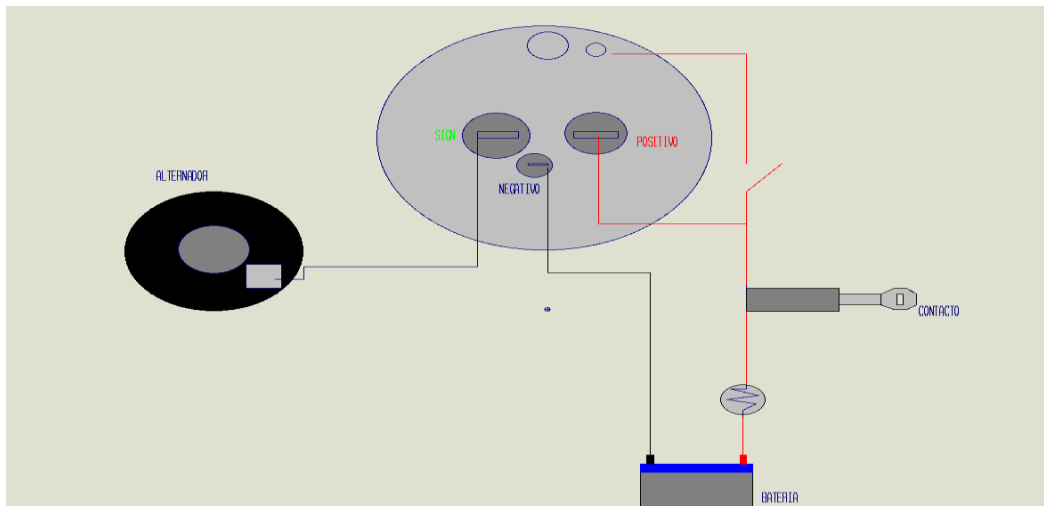
Medidor de las RPM



Nota: Autores

Figura 36.

Esquema de conexión



Nota: Autores

2.7 Procesos de Manufactura

Para la fabricación de la estructura donde se implementarían los instrumentos de control se llevaron a cabo los siguientes procesos.

1. **Diseño e ingeniería:** En este punto se definieron la carga y especificación que la estructura debe soportar, y finalmente se diseñó la estructura mediante un software que nos permitió validar la resistencia de la estructura.
2. **Corte y formado:** cortar el material base que en este caso fue acero inoxidable y doblar para darle forma utilizando las maquinas necesarias.
3. **Soldadura:** Unir las piezas mediante soldadura para darle forma a la estructura.
4. **Recubrimientos:** se aplicó recubrimientos protectores para prevenir la corrosión.
5. **Ensamblaje:** se instalaron componentes como soportes para formar la estructura completa.
6. **Pintura:** se aplicó la pintura final para mejorar la estética.

2.8 Coste de implementación del proyecto

Se consideran los costos fijos y los costos variables que se han invertido para el desarrollo de la estructura del banco y de los componentes para el desarrollo del sistema generador de fallas del motor Hyundai Sonata G4CM.

Tabla 25.

Costos fijos del proyecto técnico

Activos Fijos	Precio Unitario	Cantidad	Precio Final
Mantenimiento del Motor Hyundai Sonata (ABC)	\$ 60	1	\$ 60
Procesos de Manufactura de la estructura	\$ 160	1	\$ 160
Total			\$ 220

Nota: Autores

Tabla 26.

Costos variables del proyecto técnico

Costos Variables	Precio Unitario	Cantidad c/u	Precio Final
Combustible	\$ 2,40 (Galón)	3	\$ 7,2
Pintura Verde	\$ 16,80 (1/4)	1	\$ 16,80
Arduino Mega	\$ 29,46	1	\$ 29,46
Interruptores	\$ 0,73	10	\$ 7,30
Modulo Step Down LM2596S	\$ 3,57	1	\$ 3,57
Modulo Relay 8 Canales	\$ 9,82	1	\$ 9,82
Modulo Relay 4 canales	\$ 4,46	1	\$ 4,46

Cables #14 (Varios colores)	\$ 0,40 (metro)	66(metros)	\$ 26,40
Medidor de presión de aceite	\$ 30	1	\$ 30
Medidor de la temperatura del refrigerante	\$ 30	1	\$ 30
Medidor de voltaje de la batería	\$ 20	1	\$ 20
Medidor de las revoluciones del motor	\$ 35	1	\$ 35
Transporte	\$ 30	-	\$ 30
Sensor de Oxígeno	\$ 36	1	\$ 36
Sensor ECT	\$ 35	1	\$ 35
Otros	\$ 18,31	-	\$ 18,31
TOTAL			\$ 339,32

Nota: Autores

Tabla 27.

Resumen de la inversión final del proyecto técnico

RESUMEN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO	
Descripción	Valor
Costos fijos	\$ 220
Costos Variables	\$ 339.32
TOTAL	\$ 559,32

Nota: Autores

El costo total de este proyecto es de \$559,32 los cuales fueron cubiertos por autores de este proyecto.

CAPÍTULO 3

3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA GENERADOR DE FALLOS

3.1 Diagnóstico de fallas electrónicas en motores de combustión interna

En la diagnosis de los motores, las fallas las cuales pueden ser evidentes, pero en otras ocasiones se requiere de un análisis a profundidad para poder llegar a su origen del fallo.

El sistema de control electrónico es el cual controla y es capaz de gestionar las diferentes funciones electrónicas y eléctricas con las cuales cuenta el automóvil, este sistema lleva el nombre de UCE (Unidad de control) es la cual recibe la información de los diferentes sensores e interpretar las mismas con lo que procede a accionar los actuadores.

Para determinar la cantidad de averías que puede tener el vehículo o el motor, con respecto a sensores o actuadores depende de la cantidad de estos en el sistema del motor, por lo cual identificar la avería del sistema es impredecible sin contar con el equipo adecuado para la identificación del problema.

3.2 Componentes utilizados en la fabricación del módulo generador de fallos

Para la fabricación del sistema de fallos se utiliza diferentes componentes los cuales se detallan a continuación:

Tabla 28.

Componentes utilizados en la fabricación del módulo generador de fallos

Elementos para la fabricación del módulo generador de fallos	
Nombre del elemento	Imagen

Arduino Mega AT2560



Relay module



Módulo LM2596



Led



Cables puente



Switch



Resistencia



Cable de conexión para sensores y actuadores



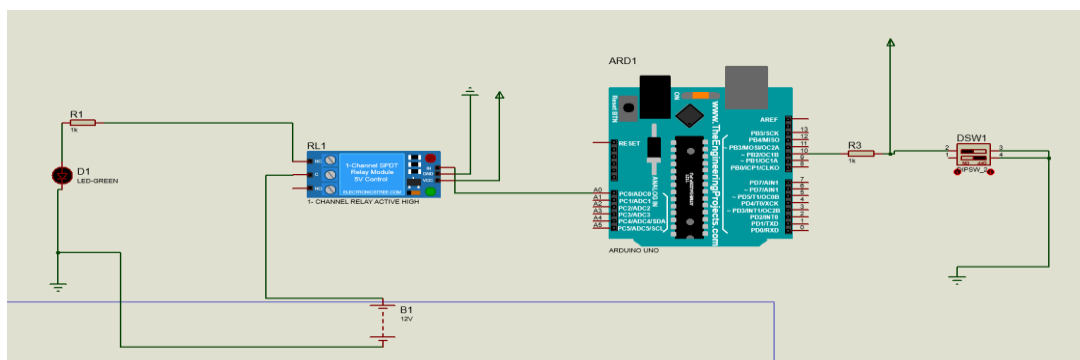
Nota: Autores

3.3 Simulación del circuito del sistema generador de fallos en el motor.

Se presenta a continuación los diferentes diagramas de simulación del circuito de generador de fallos el cual se propone para los sensores como para los actuadores del motor Hyundai EF Sonata, el cual tiene la finalidad de servir como guía al momento de la conexión e instalación en el motor.

Figura 37.

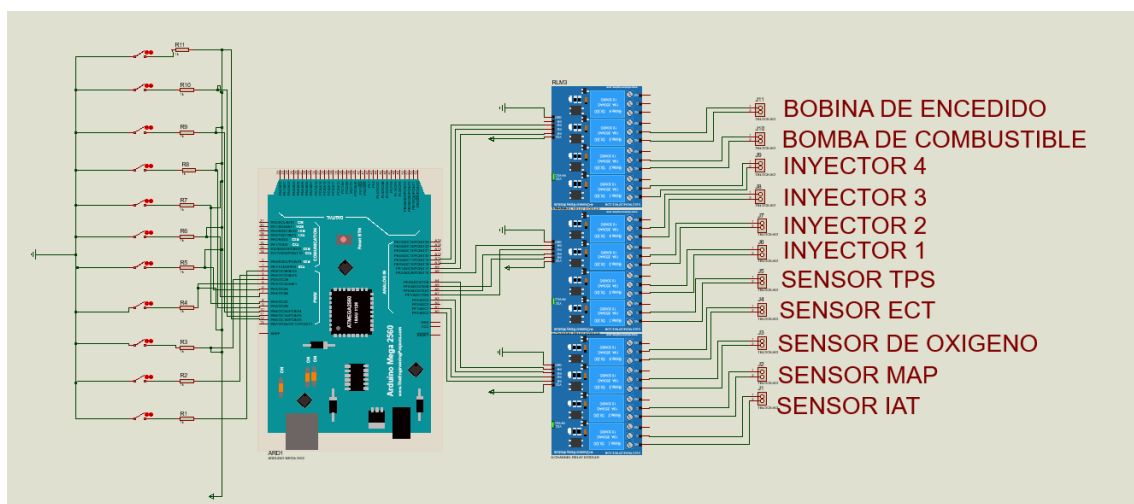
Esquema de conexión para la comprobación



Nota: Autores

Figura 38.

Esquema completo de conexión del sistema de fallo



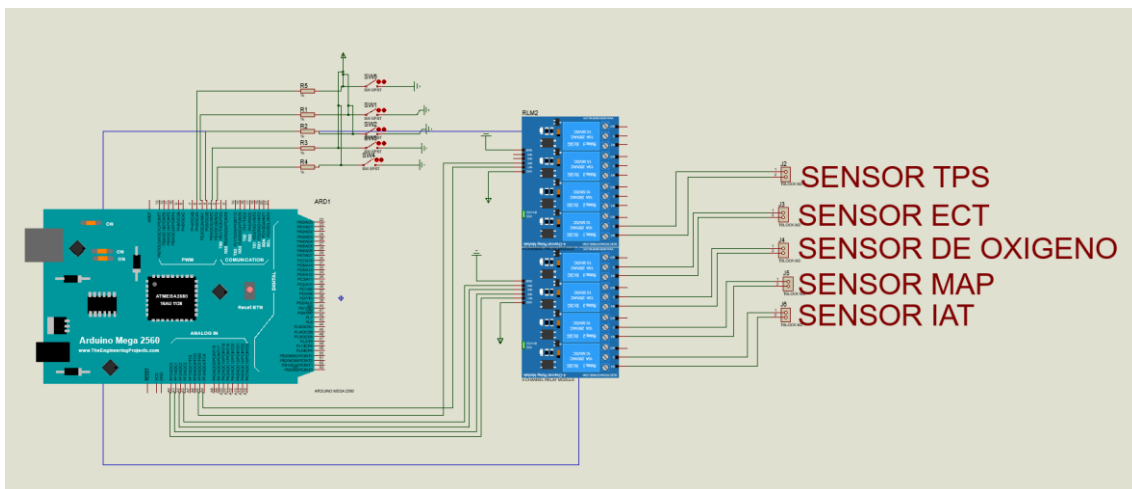
Nota: Autores

3.3.1 Simulación de fallos en los sensores

En la siguiente figura se presenta el diagrama de simulación para generación de fallos en los sensores del motor Hyundai EF Sonata además de identificar los pines de activación o los pines de salida de señal para la activación de los módulos de relés.

Figura 39.

Esquema de conexión de los sensores



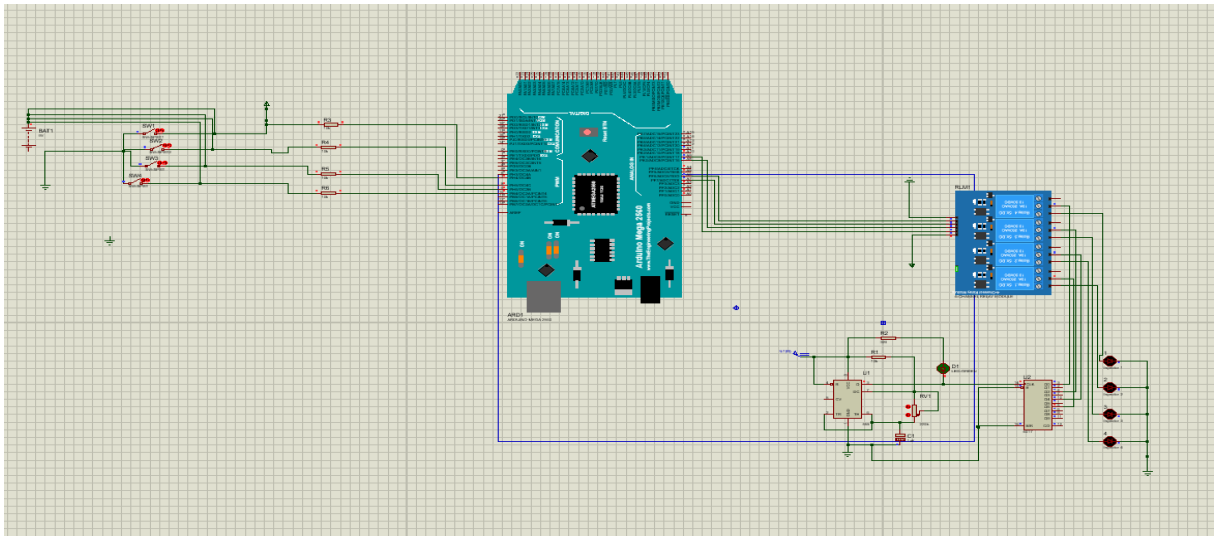
Nota: Autores

3.3.2 Simulación de fallos en los inyectores

En la siguiente grafica se presenta el diagrama de simulación para la generación de fallos en los inyectores del motor Hyundai EF Sonata en los cuales se presentan los pines que se utilizan para la conexión de entradas y salidas en la placa Arduino además de los diferentes componentes

Figura 40.

Esquema de conexión de falla de inyectores



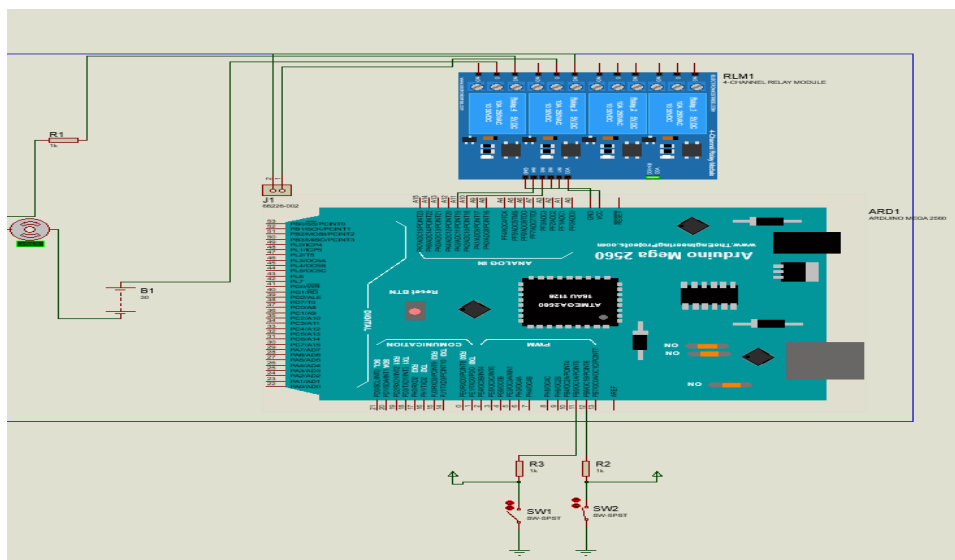
Nota: Autores

3.3.3 Simulación de fallos en de bomba de combustible y bobina de encendido

Se presenta el diagrama de conexión para la generación de fallos en los actuadores como la bomba de combustible y la bobina de encendido sus pines de salida y pines de activación.

Figura 41.

Esquema conexión de falla de bomba de combustible y bobina de encendido



Nota: Autores

3.4 Programación Del Sistema

Se presenta a continuación, la programación que se realiza para el sistema generador de fallos que se implementara el cual está conformado por un total de 156 líneas de programación las cuales llevan entre comentarios y líneas del código.

En las primeras líneas del código se coloca diferentes comentarios los cuales dan la información sobre los autores, título del proyecto.

Figura 42.

Presentación del código

```

1 // UNIVERSIDAD POLITECNICA SALECIANA
2 // AUTORES: CRISTIAN VINICIO GONZALEZ BRAVO
3 //       : KEVIN MATEO GUAMAN ALULIMA
4
5 // TITULO: SISTEMA GENERADOR DE FALLAS PARA SENSORES Y ACTUADORES DE UN MOTOR HYUNDAI SONATA G4CM-SR2561

```

Nota: Autores

Se declara los pines para la conexión a los módulos de relés para la señal de salida de cada sensor y actuador del motor

Figura 3-7

Código declaración de pines de sensores

```

7 //DECLARACION DE PINES DE CONEXION PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA GENERADOR DE FALLAS
8
9 const int sensorIAT = A0;
10 const int sensormap = A1;
11 const int sensoroxigeno = A3;
12 const int sensorect = A4;
13 const int sensortps = A5;
14 //actuadores del motor
15 const int inyector1 = A6;
16 const int inyector2 = A7;
17 const int inyector3 = A8;
18 const int inyector4 = A9;
19 const int bobinadeencendido = A10;
20 const int bombadecombustible = A11;
21

```

Nota: Autores

Se declara los pines de accionamiento para la falla de cada sensor y actuador con el fin de tener un mayor control al momento de la conexión

Figura 43.*Código declaración pines de activación*

```

22 // Delcaracion de pines de accionamiento
23
24 const int PinOnIAT = 2;
25 const int PinOnmap = 3;
26 const int PinOnoxigeno = 4;
27 const int PinOnect = 5;
28 const int PinOntps = 6;
29 const int PinOninyector1 = 7;
30 const int PinOninyector2 = 8;
31 const int PinOninyector3 = 9;
32 const int PinOninyector4 = 10;
33 const int PinOnbobinadeencendido = 11;
34 const int PinOnbombadecombustible = 12;
35

```

Nota: Autores

Se declara la entradas y salidas de los pines en el Arduino para las salidas se utiliza la palabra OUTPUT y para las entradas la palabra INPUT.

Figura 44.*Declaración en el código de salidas*

```

40 //salidas
41 pinMode(sensorIAT , OUTPUT);
42 pinMode(sensormap , OUTPUT);
43 pinMode(sensoroxigeno , OUTPUT);
44 pinMode(sensorect , OUTPUT);
45 pinMode(sensortps , OUTPUT);
46
47 pinMode(inyector1 , OUTPUT);
48 pinMode(inyector2 , OUTPUT);
49 pinMode(inyector3 , OUTPUT);
50 pinMode(inyector4 , OUTPUT);
51 pinMode(bombadecombustible , OUTPUT);
52 pinMode(bobinadeencendido , OUTPUT);

```

*Nota: Autores***Figura 45.***Declaración en el código de entradas*

```

53 //entradas
54 pinMode(PinOnIAT , INPUT );
55 pinMode(PinOnmap , INPUT );
56 pinMode(PinOnoxigeno , INPUT );
57 pinMode( PinOnect , INPUT );
58 pinMode(PinOntps , INPUT );
59 pinMode(PinOninyector1 , INPUT);
60 pinMode(PinOninyector2 , INPUT);
61 pinMode( PinOninyector3 , INPUT);
62 pinMode( PinOninyector4 ,INPUT );
63 pinMode(PinOnbobinadeencendido, INPUT);
64 pinMode(PinOnbombadecombustible, INPUT);
65

```

Nota: Autores

Se utiliza el bucle `loop()` el cual sirve para leer el estado de cada interruptor correspondiente a los sensores y actuadores, si está accionado envía una señal para la activación de los relés los cuales interrumpen las señales de los sensores o actuadores

Figura 46.

Código para la verificación de cada a switch

```
66 void loop() {
67   // se procede a colocar los diferetnes comandos para la interpretacion de la poción de el switch para la activacion del sistema generador de fallos
68 }
```

Nota: Autores

La línea de código “`int estadoswitch = digitalread (pinOnIAT);`” lee en el estado que se encuentra el switch y lo almacena en la variable switch *estadoswitch* en la siguiente línea comprueba si el switch esta accionado lo cual (es que su estado está en HIGH).

Si el interruptor esta presionado envía una señal para la activación del sistema

En caso de que no se encuentra HIGH y se encuentra en el estado de LOW no envía una señal para la activación del sistema

Figura 47.

Código para la activación del sistema

```
69 // sistema de fallo para el sensor IAT
70 int estadoswitch = digitalRead(PinOnIAT);
71 if(estadoswitch == HIGH) {
72   digitalWrite(sensorIAT , LOW );
73 } else {
74   digitalWrite(sensorIAT , HIGH);
75 }
```

Nota: Autores

El código presentado anteriormente se repite para cada uno de los sensores y actuadores que se pretende hacer fallar o generar la falla como se muestra a continuación el código en general.

Figura 48.

Código para la activación del sistema

```

67 // se procede a colocar los diferentes comandos para la interpretación de la posición de el switch para la activación del sistema generador de fallos
68
69 // sistema de fallo para el sensor IAT
70 int estadoswitch = digitalRead(PinOnIAT);
71 if(estadoswitch == HIGH) {
72     digitalWrite(sensorIAT , LOW );
73 } else {
74     digitalWrite(sensorIAT , HIGH);
75 }
76
77 // sistema de fallo para el sensor map
78
79 int estadoswitch2 = digitalRead(PinOnmap);
80 if(estadoswitch2 == HIGH) {
81     digitalWrite(sensormap , LOW );
82 } else {
83     digitalWrite(sensormap, HIGH);
84 }
85 // sistema de fallo para el sensor de oxígeno
86
87 int estadoswitch3 = digitalRead(PinOnoxígeno);
88 if(estadoswitch3 == HIGH) {
89     digitalWrite(sensoroxígeno , LOW );
90 } else {

```

```

93 // sistema de falla para el sensor ect
94 int estadoswitch4 = digitalRead(PinOnect);
95 if(estadoswitch4 == HIGH) {
96     digitalWrite(sensorect , LOW );
97 } else {
98     digitalWrite(sensorect, HIGH);
99 }
100 // sistema de falla para el sensor tps
101 int estadoswitch5 = digitalRead(PinOntps);
102 if(estadoswitch5 == HIGH) {
103     digitalWrite(sensortps , LOW );
104 } else {
105     digitalWrite(sensortps , HIGH);
106 }
107 // ACTUADORES
108 //generador de fallas para los actuadores
109 // sistema de fallas para el inyector 1
110 int estadoswitch6 = digitalRead(PinOninyector1);
111 if(estadoswitch6 == HIGH) {
112     digitalWrite(inyector1 , LOW );
113 } else {
114     digitalWrite(inyector1, HIGH);
115 }
116 // sistema de falla para el inyector 2

```

```

93 // sistema de falla para el sensor ect
94 int estadoswitch4 = digitalRead(PinOnect);
95 if(estadoswitch4 == HIGH) {
96     digitalWrite(sensorect , LOW );
97 } else {
98     digitalWrite(sensorect, HIGH);
99 }
100 // sistema de falla para el sensor tps
101 int estadoswitch5 = digitalRead(PinOntps);
102 if(estadoswitch5 == HIGH) {
103     digitalWrite(sensortps , LOW );
104 } else {
105     digitalWrite(sensortps , HIGH);
106 }
107 // ACTUADORES
108 //generador de fallas para los actuadores
109 // sistema de fallas para el inyector 1
110 int estadoswitch6 = digitalRead(PinOninyector1);
111 if(estadoswitch6 == HIGH) {
112     digitalWrite(inyector1 , LOW );
113 } else {
114     digitalWrite(inyector1, HIGH);
115 }
116 // sistema de falla para el inyector 2

```



```

93 // sistema de falla parfa el sensor ect
94 int estadoswitch4 = digitalRead(PinOnect);
95 if(estadoswitch4 == HIGH) {
96     digitalWrite(sensorect , LOW );
97 } else {
98     digitalWrite(sensorect, HIGH);
99 }
100 // sistema de falla para el sensor tps
101 int estadoswitch5 = digitalRead(PinOntps);
102 if(estadoswitch5 == HIGH) {
103     digitalWrite(sensortps , LOW );
104 } else {
105     digitalWrite(sensortps , HIGH);
106 }
107 // ACTUADORES
108 //geenerador de fallas para los actuadoeres
109 // sistema de fallas para el inyector 1
110 int estadoswitch6 = digitalRead(PinOninyector1);
111 if(estadoswitch6 == HIGH) {
112     digitalWrite(inyector1 , LOW );
113 } else {
114     digitalWrite(inyector1, HIGH);
115 }
116 // sistema de falla para el inyector 2

```

```

93 // sistema de falla parfa el sensor ect
94 int estadoswitch4 = digitalRead(PinOnect);
95 if(estadoswitch4 == HIGH) {
96     digitalWrite(sensorect , LOW );
97 } else {
98     digitalWrite(sensorect, HIGH);
99 }
100 // sistema de falla para el sensor tps
101 int estadoswitch5 = digitalRead(PinOntps);
102 if(estadoswitch5 == HIGH) {
103     digitalWrite(sensortps , LOW );
104 } else {
105     digitalWrite(sensortps , HIGH);
106 }
107 // ACTUADORES
108 //geenerador de fallas para los actuadoeres
109 // sistema de fallas para el inyector 1
110 int estadoswitch6 = digitalRead(PinOninyector1);
111 if(estadoswitch6 == HIGH) {
112     digitalWrite(inyector1 , LOW );
113 } else {
114     digitalWrite(inyector1, HIGH);
115 }
116 // sistema de falla para el inyector 2

```

```

107 // ACTUADORES
108 //geenerador de fallas para los actuadoeres
109 // sistema de fallas para el inyector 1
110 int estadoswitch6 = digitalRead(PinOninyector1);
111 if(estadoswitch6 == HIGH) {
112     digitalWrite(inyector1 , LOW );
113 } else {
114     digitalWrite(inyector1, HIGH);
115 }
116 // sistema de falla para el inyector 2
117
118 int estadoswitch7 = digitalRead(PinOninyector2);
119 if(estadoswitch7 == HIGH) {
120     digitalWrite(inyector2 , LOW );
121 } else {
122     digitalWrite(inyector2 , HIGH);
123 }
124
125 // sistema de falla para el inyector 3
126
127 int estadoswitch8 = digitalRead(PinOninyector3);
128 if(estadoswitch8 == HIGH) {
129     digitalWrite(inyector3 , LOW );
130 } else {

```

```

133 // sistema de fallo para el inyector 4
134
135 int estadoswitch9 = digitalRead(PinOninyector4);
136 if(estadoswitch9 == HIGH) {
137     digitalWrite( inyector4 , LOW );
138 } else {
139     digitalWrite(inyector4 , HIGH);
140 }
141 // sistema de fallo para bomba de combustible
142
143 int estadoswitch10 = digitalRead(PinOnbombadecombustible);
144 if(estadoswitch10 == HIGH) {
145     digitalWrite(bombadecombustible , LOW );
146 } else {
147     digitalWrite(bombadecombustible, HIGH);
148 }
149 // sistema de fallo para la bobina de encendido
150
151 int estadoswitch11 = digitalRead(PinOnbobinadeencendido);
152 if(estadoswitch11 == HIGH) {
153     digitalWrite(bobinadeencendido , LOW );
154 } else {
155     digitalWrite(bobinadeencendido , HIGH);
156 }

```

Nota: Autores

3.5 Conexión de la placa Arduino con Relay Module

En este punto, se da la función de un Relay module el cual tiene la capacidad de controlar el encendido y apagado de elementos eléctricos que requieren de altas corrientes o voltajes, además, el cual funciona con una señal la cual va a ser proporcionada por el Arduino mega 2560.

Para las conexiones se utilizó un módulo de relés de 8 canales y un módulo de relés de cuatro canales por lo cual cada uno controla un sensor determinado o actuador determinado los mismos que son activados por una señal determinada.

Se presenta la conexión realizada en el sistema generador de fallos:

Tabla 29.

Conexión de la placa Arduino con el relay module 1

Pin de conexión del Arduino con los pines del modulo	Relé que se activa
Pin A0 del Arduino con el pin IN1 del modulo	Relé 1 – sensor IAT

Pin A1 del Arduino con el pin IN2 del
modulo

Relé 2 – sensor MAP

Pin A3 del Arduino con el pin IN3 del
modulo

Relé 3 – sensor de OXGENO

Pin A4 del Arduino con el pin IN4 del
modulo

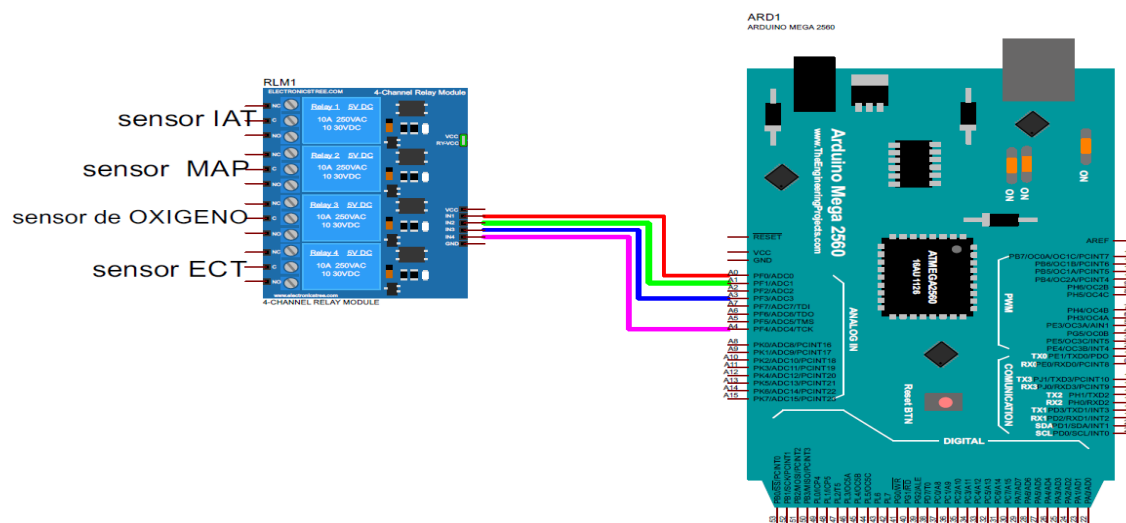
Relé 4 – sensor ECT

Nota: Autores

En la siguiente ilustración se presenta la conexión de los cuatro primeros relés con la placa Arduino Mega 2560 los cuales se accionarán por la placa anteriormente mencionada con el fin de la activación los sensores:

Figura 49.

Conexión esquemática del Arduino y el relay module



Nota: Autores

Tabla 30.

Conexión de la placa Arduino con el relay module 1

**Pin de conexión del Arduino con
los pines del modulo**

Relé que se activa

Pin A5 del Arduino con el pin IN5 del
modulo

Relé 5 – sensor TPS

Pin A6 del Arduino con el pin IN6 del
modulo

Relé 6 – Inyector 1

Pin A7 del Arduino con el pin IN7 del
modulo

Relé 7 – Inyector 2

Pin A8 del Arduino con el pin IN8 del
modulo

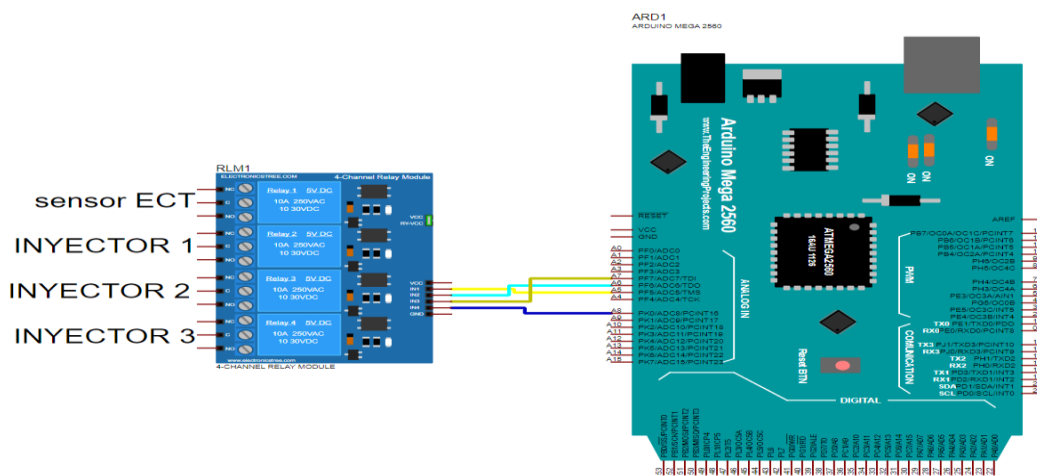
Relé 8 – Inyector 3

Nota: Autores

En la siguiente ilustración se presenta la conexión que se presentó en la tabla anterior.

Figura 50.

Conexión esquemática del Arduino y el relay module



Nota: Autores

Tabla 31.

Conexión de la placa Arduino con el relay module 1

Pin de conexión del Arduino con los pines del modulo	Relé que se activa
Pin A9 del Arduino con el pin IN1 del modulo	Relé 1 – INYECTOR1

Pin A10 del Arduino con el pin IN2 del
modulo

Relé 2 – Bomba de combustible

Pin A11 del Arduino con el pin IN3 del
modulo

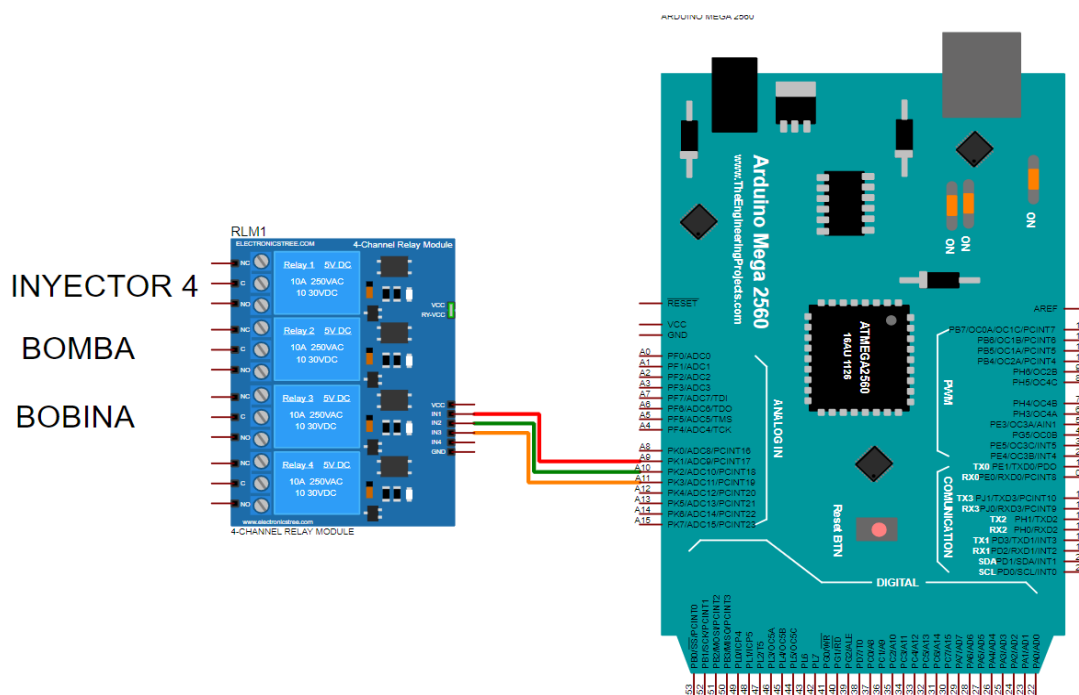
Relé 3 – Bobina de encendido

Nota: Autores

En la siguiente ilustración se presenta la conexión que se presentó en la tabla anterior.

Figura 52.

Conexión esquemática del Arduino y el relay module



Nota: Autores

3.6 Conexión de Switchs con la placa Arduino

Para la conexión de switches para la activación de cada relé son vinculados a los siguientes pines de la placa del Arduino.

Tabla 32.

Conexión de Switchs con la placa Arduino

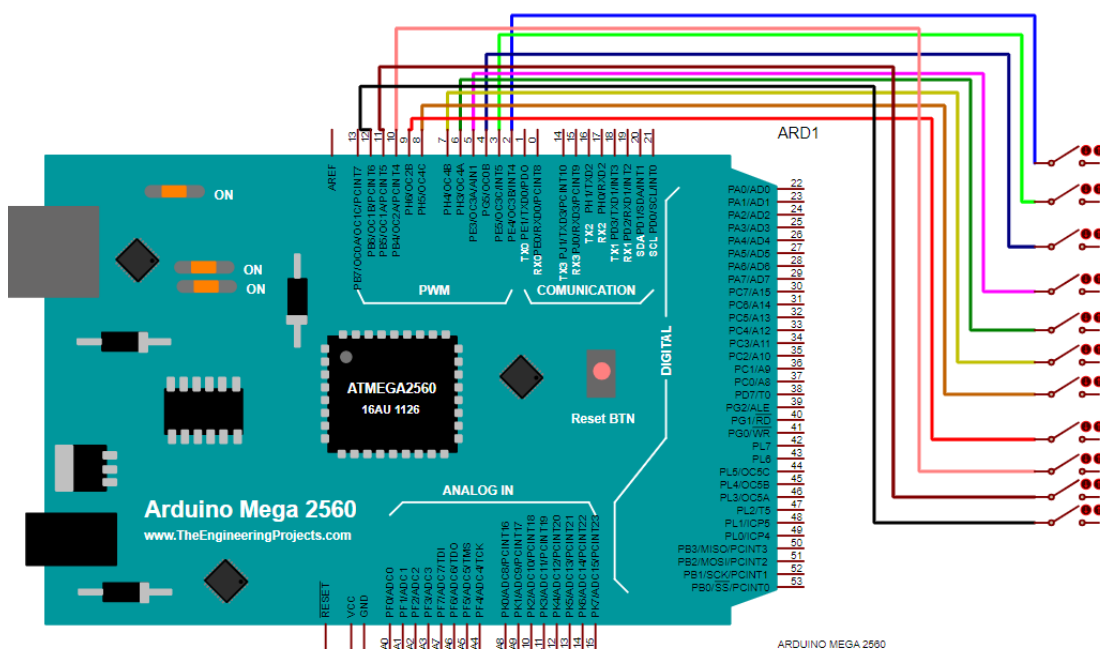
Pin de conexión del Arduino con los pines del switch	Switch que se acciona
Pin 2 de Arduino a pin del switch	Switch SENSOR AIT
Pin 3 de Arduino a pin del switch	Switch SENSOR MAP
Pin 4 de Arduino a pin del switch	Switch SENSOR DE OXIGENO
Pin 5 de Arduino a pin del switch	Switch sensor ECT
Pin 6 de Arduino a pin del switch	Switch sensor TPS
Pin 7 de Arduino a pin del switch	Switch inyector 1
Pin 8 de Arduino a pin del switch	Switch inyector 2
Pin 9 de Arduino a pin del switch	Switch inyector 3
Pin 10 de Arduino a pin del switch	Switch inyector 4
Pin 11 de Arduino a pin del switch	Switch bobina de encendido
Pin 12 de Arduino a pin del switch	Switch bomba de combustible

Nota: Autores

A continuación, se muestra la conexión que se presentó en la tabla anterior.

Figura 26.

Conexión esquemática de switches con la placa Arduino



Nota: Autores

3.7 Conexión establecida a cada sensor o actuador.

Los pines de conexión desde el sistema generador de fallos a los diferentes sensor y actuadores del motor los cuales se establecieron de la siguiente manera:

- Cada módulo de relé este asignado a cada uno de los sensores o actuadores del motor con el fin de enviar una señal de corte para uno de los cables que tiene el sensor o actuador que se determinó.
- El fallo generado se dará según el swicth que se accione para el enviar la señal de corte al Arduino y este enviar la señal a el módulo de relés.
- El motor debe presentar síntomas de fallos los cuales son generados por el mal funcionamiento del motor.

3.8 Instalación del sistema generador de fallos en el banco didáctico

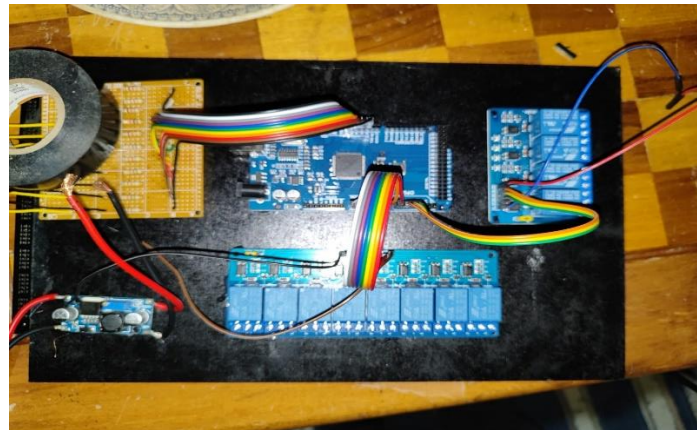
Para la instalación del sistema generador de fallos, los componentes fueron colocados en una base de mdf (plancha de cartón prensado), la cual luego va ser colocada en la estructura del banco didáctico.

La placa de mdf fue asegurada con tornillos en las esquinas para evitar que se pueda caer y se averíe el circuito o sistema.

La fijación de los componentes a la placa de mdf fue por medio de silicona para evitar el daño de estas.

Figura 53.

Armado del circuito



Nota: Autores

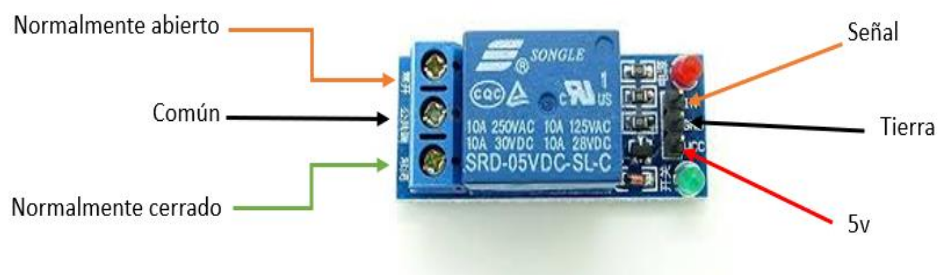
3.9 Conexión de sistema generador de fallos a los sensores y actuadores del motor.

3.9.1 Conexión a los sensores

Para la conexión del sistema se implementó tres diferentes métodos para los sensores, mediante los cuales se indica que cable se debe cortar se procede a enseñar los diferentes métodos de conexión.

Figura 54.

Métodos de conexión de los sensores



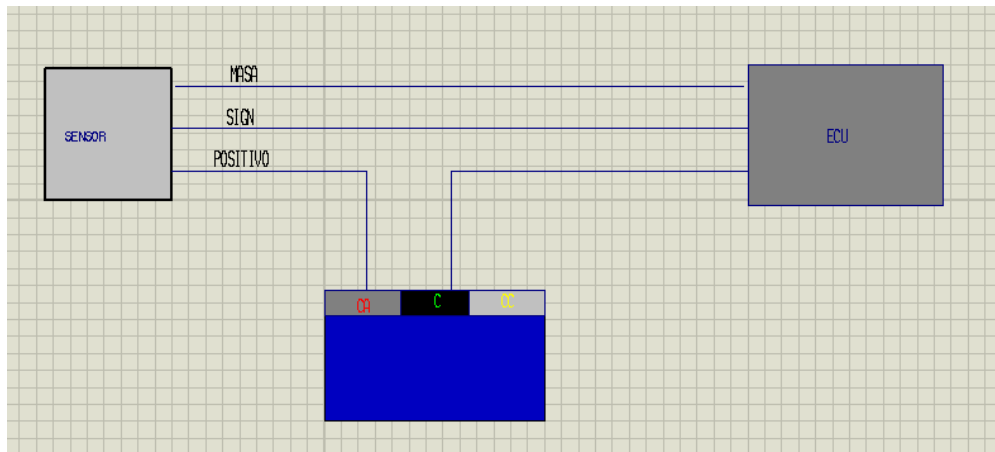
Nota: Autores

MÉTODO 1

Se procede a cortar el cable positivo el cual proviene desde la ecua hacia el sensor, los cuales van conectados a los pines del módulo de relés, un cable se conecta al pin C(común) y el proveniente del sensor se conecta a CA (normalmente abierto).

Figura 55.

Conexión del sistema generador de fallas a los sensores al positivo



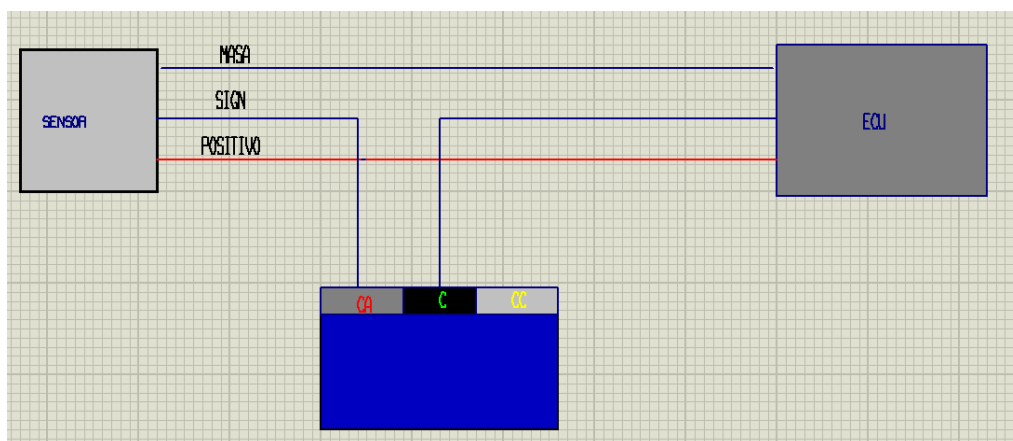
Nota: Autores

MÉTODO 2

Se procede a cortar el cable de señal entre el sensor y la ECU, el cable proveniente de la ECU se conecta a C y el cable proveniente del sensor a CA.

Figura 56.

Conexión del sistema generador de fallo al cable de la señal



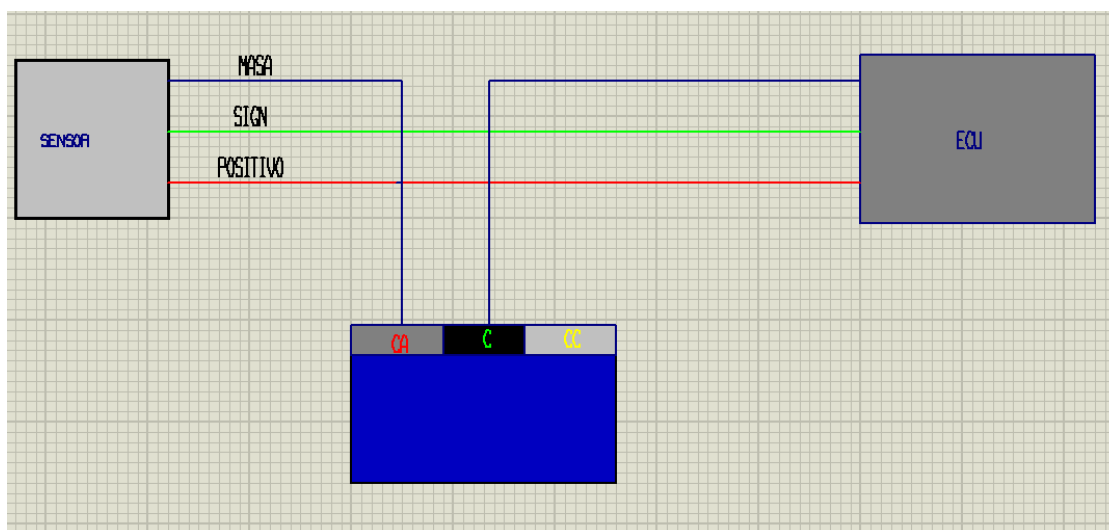
Nota: Autores

MÉTODO 3

Se procede a cortar el cable de masa el cable proveniente de la ECU al pin C y el proveniente del sensor al CA del relé como se muestra a continuación.

Figura 57.

Conexión del sistema generador de fallas al cable de masa



Nota: Autores

3.9.2 Conexión a los actuadores

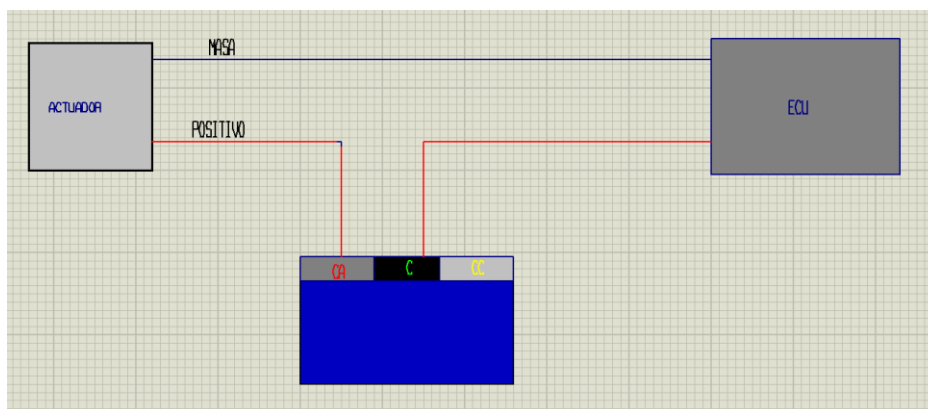
Para la conexión de los actuadores existe dos formas de conectar las cuales se presenta a continuación:

MÉTODO 1

Se corta el cable positivo del actuador en un extremo se conecta al pin C del relé mientras el otro extremo se conecta al pin CA del relé.

Figura 58.

Conexión del actuador por el método 1



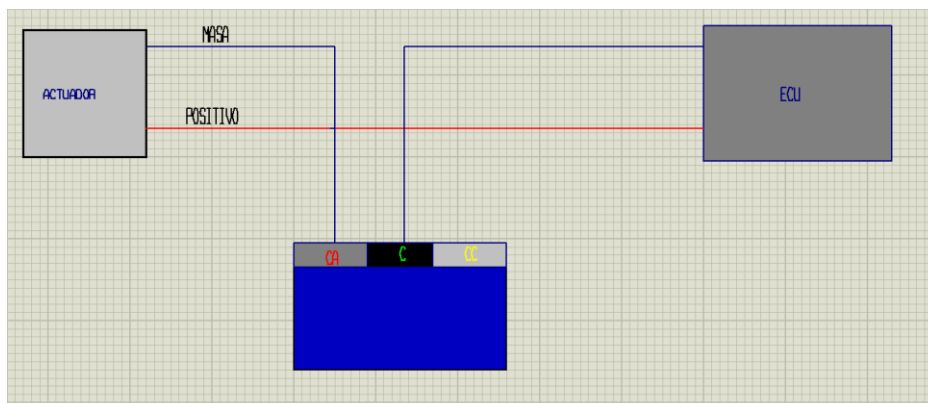
Nota: Autores

MÉTODO 2

Se corta el cable negativo del actuador en un extremo se conecta al pin C del relé mientras el otro extremo se conecta al pin CA del relé.

Figura 59.

Conexión del actuador por el método 2



Nota: Autores

El sistema generador de fallos corta la señal que envía los sensores a la ECU la cual interpreta que existe un problema en el sensor y genera un código de fallos según el sensor, en el caso de los actuadores se corta o se interrumpe la señal de que proviene de la ECU para su activación por lo cual falla su funcionamiento generando un código de falla.

CONCLUSIONES

A través de una importante revisión bibliográfica, se logró obtener el conocimiento esencial sobre las características del motor y sus elementos constituyentes, incluyendo sensores y actuadores, lo cual fue fundamental para el desarrollo de este proyecto.

Siguiendo el flujo de trabajo realizado, se llevó a cabo una inspección integral del estado del motor y sus componentes. Posteriormente, se procedió al reacondicionamiento del banco didáctico, así como al diseño de la estructura que albergaría el sistema generador de fallas.

Gracias a la implementación del sistema generador de fallas, se mejora las destrezas de los estudiantes en el análisis y manejo de equipos de diagnóstico; al momento de realizar las practicas correspondientes, analizando el comportamiento del motor cuando este se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento y cuando se presenta un fallo en los sensores y actuadores del mismo.

Para finalizar, se concluye que realizar un sistema el cual permita crear fallos a diferentes componentes del motor, es una herramienta importante ya que aporta para que los estudiantes puedan comprender de manera más sencilla el comportamiento del motor al realizar los fallos, y a la vez permite que se puedan establecer diagnósticos de manera más eficiente y precisa.

RECOMENDACIONES

Se sugiere a las personas que harán uso de este banco didáctico, tomar las consideraciones necesarias antes de realizar cualquier tipo de práctica, con el fin de minimizar cualquier riesgo de accidentes.

Se recomienda, revisar los niveles de fluidos del motor antes de realizar las pruebas, revisar el voltaje de la batería, y verificar que este conectada de manera correcta.

Para realizar las diferentes pruebas de funcionamiento, se recomienda tener en cuenta el protocolo de funcionamiento, y analizar los datos establecidos por el fabricante para conocer los parámetros de funcionamiento de los diferentes elementos del motor.

BIBLIOGRAFÍA

- Areny, R. P. (2004). *Sensores y acondicionadores de señal*. Barcelona : MARCOMBO.
- Automotive.Data. (2010). *Auto-Data*. Obtenido de <https://www.auto-data.net/es/hyundai-sonata-iii-y3-1.8-98hp-29564>
- Automotriz, M. (2015). *MANUAL DE ELECTRÓNICA DEL AUTOMÓVIL – SENSORES, ACTUADORES, SISTEMAS Y PARTES*. Obtenido de <https://www.mecanicoautomotriz.org/1277-manual-electronica-automovil-sensores-actuadores-sistemas-partes>
- Automotriz, M. (2015). *MANUAL DE SENSORES TPS – COMPONENTES, PROBLEMAS Y MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO*. Obtenido de <https://www.mecanicoautomotriz.org/1115-manual-sensores-tps-componentes-problemas-metodos-diagnostico>
- Bosch. (1996). *MANUAL TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL* . Barcelona : REVERTÉ, S.A.
- Bosch, R. (2008). *Sistema de Encendido* .
- Bosch, R. (s.f.). *Sistemas de Inyección Electrónica* . Brasil : Campinas/SP.
- Google. (s.f.). *Google Maps* . Obtenido de <https://www.google.com/maps/search/Universidad+Politecnica+Salesiana/@-2.8865289,-78.993011,17z?entry=ttu>
- Guillermo, E. H. (s.f.). *MANUAL ARDUINO* . Electrotec .
- Hyundai, Corporation. (s.f.). *Manual de Mantenimiento del Hyundai Sonata 1993-98*.
- Luis Enrique Coral Alfaro . (2017). *Mecánica Automotriz, Sistema de Encendio*. Obtenido de <https://waldocc.files.wordpress.com/2017/12/sistemadeencendido.pdf>

Payri González , F., & Desantes, J. M. (2011). *Motores de Combustion Interna Alternativos*.

España: Editoria Reverté, S.A.

Telégrafo, E. (25 de Octubre de 2017). La estatura de los ecuatorianos se incrementón en 4

decádas. pág. 21. Obtenido de

https://www.espol.edu.ec/sites/default/files/docs_escrbe/La%20estatura%20de%20los%20ecuatorianos%20se%20increment%C3%B3%20en%20cuatro%20d%C3%A9cadass.pdf

Villegas, A. M. (2007). *MOTORES DE* . San Celoni, Barcelona : IES Baix Montseny.

Wilmer Contreras Urgilés-José Maldonado Ortega-Rogelio León Japa. (2018). Aplicación de una red neuronal feed-forward backpropagation para el diagnóstico de fallas mecánicas en motores de encendido provocado. 2-3.

(606-1959, n.d.; D11T/D11T CD, n.d.; *Manual-Hyundai-Atos-1997-2002-*

Descripcion-General-Motor, n.d.; Operación Mantenimiento Especificaciones, n.d.;

Universidad Del Azuay Facultad de Ciencia y Tecnología Escuela de Ingeniería Electrónica,

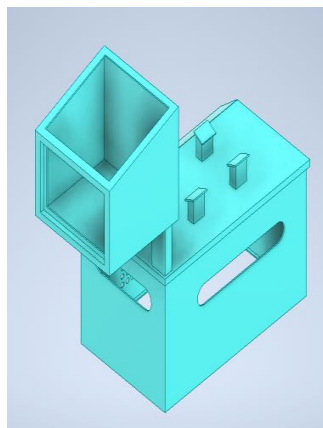
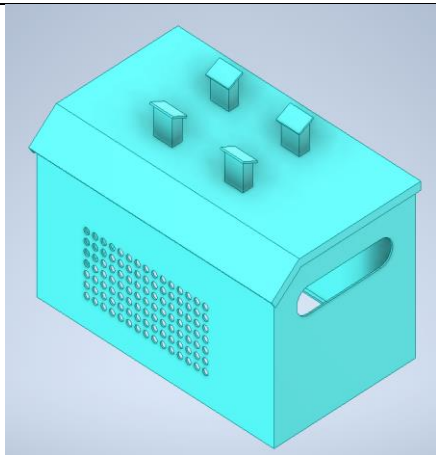
n.d.; Bloque & Cilindros, n.d.; De Ingeniería & Automotriz, n.d.; De & De Aceite, n.d.; Payri

González & Desantes Fernández, 2011; Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, 2015)

ANEXOS

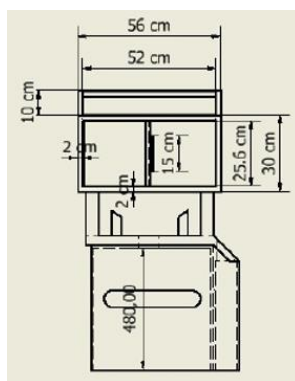
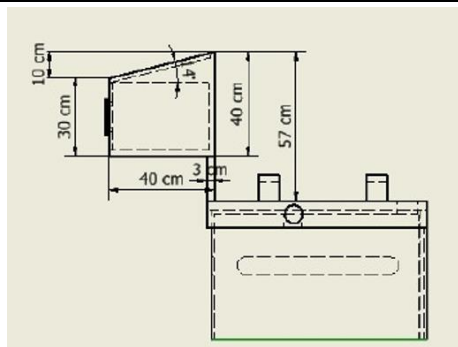
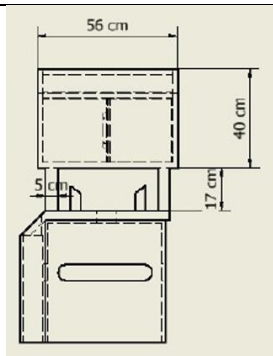
ANEXO A: Diseño del panel de instrumentos banco didáctico

Diseño del panel de control



ANEXO B: Mediciones del panel de instrumentos del banco didáctico

Mediciones del panel de instrumentos del banco didáctico



ANEXO C: Reacondicionamiento del motor

Reacondicionamiento del motor

