



# ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**Diseño y construcción de un banco de pruebas genérico para diagnóstico y  
reparación de módulos de control electrónico automotriz**

Clavón Taipe, Byron Lenin y Lema Panchi, Nelson Bolívar

Departamento de ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de ingeniero Automotriz

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

16 de agosto del 2021



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación, “**Diseño y construcción de un banco de pruebas genérico para diagnóstico y reparación de módulos de control electrónico automotriz**” fue realizado por los señores **Clavón Taipe, Byron Lenin y Lema Panchi, Nelson Bolivar**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 16 de agosto del 2021**

**Firma**



**Ing. Erazo Laverde, Washington Germán**

**C.C: 0501432637**

## Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS LEMA CLAVON ERAZO G Diseño y construcción de un banco de pruebas genérico p ara diagnóstico y reparación de módulos de control electrónico.pdf (D111389092)

Submitted: 8/17/2021 4:26:00 PM

Submitted By: wgerazo@espe.edu.ec

Significance: 7 %

### Sources included in the report:

Tesis SANCHEZ TAPE ERAZO.pdf (D36249710)

TESIS ESPE IMAGENES COLUMBA KEVIN COLUMBA BRIAN ERAZO GERMAN.pdf (D111155264)

Banco de pruebas de sensores y actuadores (1) (1).pdf (D106722425)

"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA LA DETECCIÓN DE FALLOS EN LOS SISTEMAS ELECTRÓNICOS DEL VEHÍCULO, APLICANDO LA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEN".pdf (D31083498)

Tesis Alvaro Alomoto.docx (D16621048)

tesis completa.docx (D14959042)

TESIS JEFFERSON SEGOVIA.docx (D16926164)

Monografía Raúl Vera.pdf (D9968473)

Paper\_Aucancela\_Méndez\_Astudillo.docx (D101740933)

<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/7211>

<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/446>

<https://www.academia.edu/37001202/>

Manual\_Del\_Seminario\_y\_DIAGRAMAS\_DE\_COMPROBADORES\_DE\_ECUs

<http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/3867/1/65T00033.pdf>

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/183/4/T-UIDE-0813.pdf>

<https://aprenderly.com/doc/2830297/universidad-internacional-del-ecuador>

<https://docplayer.es/62150019-Universidad-politecnica-salesiana-sede-cuenca.html>

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2895/1/T-ESPEL-0595.pdf>

<https://core.ac.uk/download/pdf/249336965.pdf>

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7462/1/04%20MAUT%20007%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

<https://docplayer.es/69006846-Escuela-politecnica-del-ejercito-sede-latacunga-tesis-de-grado.html>

### Instances where selected sources appear:

40

## Firma



Firmado electrónicamente por:  
**WASHINGTON  
 GERMAN ERAZO  
 LAVERDE**

**Ing. Erazo Laverde, Washington Germán**

C.C: 0501432637



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**Responsabilidad de autoría**

Nosotros, **Clavón Taípe, Byron Lenin** con cédula de ciudadanía n°0504326216 y **Lema Panchi Nelson Bolívar** con cédula de ciudadanía n°0503968778, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Diseño y construcción de un banco de pruebas genérico para diagnóstico y reparación de módulos de control electrónico automotriz**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Latacunga, 16 de agosto del 2021**

**Firmas**

---

**Clavón Taípe, Byron Lenin**

**C.C.: 0504326216**

---

**Lema Panchi Nelson Bolívar**

**C.C.: 0503968778**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**Autorización de publicación**

Nosotros, **Clavón Taípe, Byron Lenin** con cédula de ciudadanía n°0504326216 y **Lema Panchi Nelson Bolívar** con cédula de ciudadanía n°0503968778, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diseño y construcción de un banco de pruebas genérico para diagnóstico y reparación de módulos de control electrónico automotriz**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Latacunga, 16 de agosto del 2021**

**Firmas**

---

**Clavón Taípe, Byron Lenin**

**C.C.: 0504326216**

---

**Lema Panchi Nelson Bolívar**

**C.C.: 0503968778**

### **Dedicatoria**

Este proyecto lo dedico a Fernando Clavón e Hilda Taipe, por su esfuerzo y dedicación en instruirme como persona, quienes me apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi formación profesional, les dedico por los excelentes padres que son, quienes me inspiran a seguir adelante.

A mis hermanos, Edwin, Tania, Doris y Evelyn quienes son muy importantes para mí, por sus consejos, paciencia, por estar aquí inculcando valores durante toda mi vida.

A mi abuelito Jorge Taipe que ahora está con Dios, siempre tuvo la alegría, el deseo de verme profesional.

**Lenin Clavón**

### **Dedicatoria**

La presente tesis está dedicada a mis padres por haberme apoyado en todo momento, quienes me ayudaron a superarme guiándome por el buen camino, nunca dudaron de mí y fueron pilares fundamentales para lograr alcanzar esta meta.

A mis hermanas que fueron un ejemplo a seguir, me brindaron su apoyo en los momentos más difíciles y siempre estuvieron ayudándome a superarme cada día más con sus buenos consejos y experiencia de vida.

**Bolivar Lema**

### **Agradecimiento**

A mis padres por darme la vida, por formar una familia honesta y llena de amor, a sus consejos precisos que me han brindado desde que tengo memoria, por apoyarme económicamente durante mi formación profesional.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe sede Latacunga, a los docentes que impartieron cátedra, quienes me ayudaron a formarme profesionalmente, estoy orgullo de ser parte de esta prestigiosa Institución.

Agradezco a las personas que me han estado apoyando en su momento, gracias por todo.

**Lenin Clavón**



## **Agradecimiento**

El sacrificio y la dedicación que me brindaron mis padres durante esta etapa de mi vida es simplemente única, Agradezco a mis padres por ser los principales promotores en alcanzar este sueño, gracias a los dos por siempre estar dándolo todo por mí, gracias a mi madre María Susana por siempre estar pendiente y preocupada porque me encuentre bien por acompañarme en los días y noches de estudio, gracias a mi padre Manuel Alonso por cada consejo que me brindo y me llevó a ser la persona que ahora soy.

Gracias a dios por brindarme el don de la perseverancia, por bendecirme cada día de mi vida y darme la oportunidad de cada día estar y disfrutar con las personas que más he compartido.

Gracias a todas las personas que me apoyaron, a mis compañeros de universidad que me apoyaron en momentos que me resultaban difíciles durante la carrera y finalmente me queda por agradecer a la Universidad de las Fuerzas Armadas por permitirme formarme en sus aulas y a sus docentes que con su conocimiento y experiencia me enseñaron a ser un mejor profesional y una mejor persona, en especial a mi tutor de tesis el Ing. Germán Erazo por guiarme y asesorarme en este proyecto en todo momento.

**Bolivar Lema**

## Tabla de Contenido

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>2</b>
<b>Responsabilidad de autoría .....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>6</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>7</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>8</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>9</b>
<b>Tabla de Contenido.....</b>	<b>10</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>16</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>21</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>24</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>25</b>
<b>Marco metodológico de la Investigación .....</b>	<b>26</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>26</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>27</b>
<b>Descripción resumida del proyecto .....</b>	<b>28</b>
<b>Justificación e Importancia.....</b>	<b>30</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>31</b>
<b><i>Objetivo General.....</i></b>	<b>31</b>
<b><i>Objetivos Específicos. ....</i></b>	<b>31</b>

<b>Metas .....</b>	<b>32</b>
<b>Hipótesis .....</b>	<b>32</b>
<b>Variables de la Investigación .....</b>	<b>32</b>
<i>Variable Independiente .....</i>	<i>32</i>
<i>Variable Dependiente .....</i>	<i>33</i>
<b>Metodología del desarrollo del proyecto .....</b>	<b>35</b>
<i>Método inductivo.....</i>	<i>35</i>
<i>Método deductivo.....</i>	<i>36</i>
<i>Método de síntesis .....</i>	<i>36</i>
<i>Método de análisis .....</i>	<i>36</i>
<i>Método experimental.....</i>	<i>36</i>
<i>Método medición.....</i>	<i>37</i>
<i>Método de matematización.....</i>	<i>37</i>
<i>Método de modelación.....</i>	<i>37</i>
<b>Marco Teórico .....</b>	<b>41</b>
<b>Módulos de control electrónico.....</b>	<b>41</b>
<i>Tipos de módulos de control electrónico automotriz.....</i>	<i>41</i>
<b>Circuitos de los módulos de control electrónico. ....</b>	<b>42</b>
<i>Circuito fuente.....</i>	<i>43</i>
<i>Circuito de control.....</i>	<i>44</i>
<i>Circuito de periferia.....</i>	<i>46</i>
<i>Circuito de drivers.....</i>	<i>47</i>

<b>Fundamentos de electrónica .....</b>	<b>47</b>
<i>Ley de Ohm.....</i>	<i>47</i>
<i>Leyes de Kirchhoff .....</i>	<i>48</i>
<i>Teorema de Thévenin.....</i>	<i>48</i>
<i>Teorema de Norton.....</i>	<i>49</i>
<i>Divisor de tensión .....</i>	<i>50</i>
<i>Elementos pasivos .....</i>	<i>52</i>
<i>Elementos activos.....</i>	<i>59</i>
<i>Circuitos integrados.....</i>	<i>62</i>
<i>Fuente de alimentación.....</i>	<i>64</i>
<b>Sensores .....</b>	<b>64</b>
<i>Sensor de presión absoluta del múltiple (MAP).....</i>	<i>65</i>
<i>Sensor de flujo másico de aire (MAF).....</i>	<i>66</i>
<i>Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT) .....</i>	<i>67</i>
<i>Sensor de posición de mariposa (TPS) .....</i>	<i>68</i>
<i>Sensor de temperatura de entrada de aire (IAT) .....</i>	<i>68</i>
<i>Sensor de posición del cigüeñal (CKP) .....</i>	<i>69</i>
<i>Sensor de posición de árbol de levas (CMP).....</i>	<i>71</i>
<i>Sensor de posición del pedal del acelerador (APP).....</i>	<i>71</i>
<i>Sensor de velocidad (VSS) .....</i>	<i>72</i>
<i>Sensor de golpeteo (KS).....</i>	<i>72</i>
<i>Sensor de oxígeno (HEGO).....</i>	<i>73</i>

Actuadores.....	74
<i>Válvula reguladora de ralenti (IAC)</i> .....	74
<i>Válvula de recirculación de gases de escape (EGR)</i> .....	76
<i>Inyector</i> .....	74
<i>Bobinas de encendido</i> .....	77
<i>Luz indicadora de mal funcionamiento (MIL)</i> .....	78
Diseño y construcción del banco de pruebas .....	80
Descripción general del proyecto .....	80
<i>Especificaciones de Requerimiento</i> .....	81
Propuesta de diseño de diagrama de bloques del banco.....	82
<i>Sistema de Alimentación.</i> .....	83
<i>Sistema de Control.</i> .....	83
<i>Señales de salida del Banco.</i> .....	84
<i>Señales de entrada al Banco desde los ECM.</i> .....	85
<i>Sistema de comunicación entre el Banco y ECM.</i> .....	85
Diseño y elaboración de placas Electrónicas.....	86
<i>Diseño de circuitos en Livewire</i> .....	86
<i>Elaboración de Circuitos Impresos.</i> .....	89
<i>Montaje de placas electrónicas</i> .....	90
Circuitos de conexión .....	92
<i>Circuito de alimentación</i> .....	92
<i>Circuito de Control</i> .....	94

<i>Circuito conexión de Sensores</i> .....	95
<i>Circuito de conexión de Actuadores</i> .....	107
Diseño del armazón de Banco de pruebas. ....	112
<i>Diseño del panel de control</i> .....	114
<i>Ensamblaje de los componentes</i> .....	115
Comunicación.....	116
<i>Conector DB 25</i> .....	116
<i>Conector OBDII</i> .....	118
Pruebas de Funcionamiento .....	119
Descripción de los equipos de medición.....	119
<i>Osciloscopio Hantek 1008C</i> .....	119
<i>Multímetro</i> .....	120
<i>Scanner ELM 327</i> .....	121
Banco de pruebas.....	122
Procedimientos de Conexión.....	123
Pruebas de Funcionamiento .....	125
Pruebas de la ECU Chevrolet Aveo Activo 1.6 .....	125
<i>Prueba de activación de los actuadores</i> .....	127
<i>Prueba a 800 RPM</i> .....	128
<i>Prueba a 2000 RPM</i> .....	131
<i>Resultados</i> .....	134
<i>Prueba a 800 RPM</i> .....	134

<i>Prueba 2000 RPM</i> .....	135
<b>Pruebas de la ECU Kia Xcite 1.4</b> .....	136
<i>Prueba de Activación de los actuadores</i> .....	137
<i>Prueba a 800 RPM</i> .....	138
<i>Prueba a 2000 RPM</i> .....	141
<i>Resultados</i> .....	144
<i>Prueba 800 RPM</i> .....	144
<i>Prueba 2000 RPM</i> .....	146
<b>Marco Administrativo</b> .....	148
<b>Presupuesto y Financiamiento</b> .....	148
<b>Recursos humanos</b> .....	148
<b>Recursos materiales</b> .....	148
<b>Recursos tecnológicos</b> .....	149
<b>Recursos de Apoyo</b> .....	149
<b>Costo neto del proyecto</b> .....	150
<b>Conclusiones</b> .....	151
<b>Recomendaciones</b> .....	153
<b>Bibliografía</b> .....	155
<b>Anexos</b> .....	158

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Cuadro del planteamiento de problemas</i> .....	<b>28</b>
<b>Figura 2</b> <i>Métodos de investigación</i> .....	<b>35</b>
<b>Figura 3</b> <i>Representación de los circuitos de ECM</i> .....	<b>43</b>
<b>Figura 4</b> <i>Circuito Fuente</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 5</b> <i>Circuito de Control</i> .....	<b>46</b>
<b>Figura 6</b> <i>Circuito receptor de datos</i> .....	<b>46</b>
<b>Figura 7</b> <i>Circuito Sector de Salida</i> .....	<b>47</b>
<b>Figura 8</b> <i>Teorema de Thévenin</i> .....	<b>49</b>
<b>Figura 9</b> <i>Forma de un circuito equivalente de Norton</i> .....	<b>50</b>
<b>Figura 10</b> <i>Divisor de tensiones sin carga</i> .....	<b>50</b>
<b>Figura 11</b> <i>Divisor de tensión con carga</i> .....	<b>52</b>
<b>Figura 12</b> <i>Código de colores de resistencias eléctricas</i> .....	<b>53</b>
<b>Figura 13</b> <i>Curva característica de termistores PTC y NTC</i> .....	<b>55</b>
<b>Figura 14</b> <i>Diagrama representativo de un relé</i> .....	<b>57</b>
<b>Figura 15</b> <i>Transformador 110v AC a 12v CC</i> .....	<b>59</b>
<b>Figura 16</b> <i>Transistor bipolar</i> .....	<b>60</b>
<b>Figura 17</b> <i>Transistor de efecto de campo</i> .....	<b>60</b>
<b>Figura 18</b> <i>Polarización de diodos</i> .....	<b>62</b>
<b>Figura 19</b> <i>Pinado del Timer 555</i> .....	<b>63</b>
<b>Figura 20</b> <i>Integrado UTC LM386L</i> .....	<b>64</b>
<b>Figura 21</b> <i>Pines conexión LM7805</i> .....	<b>64</b>



<b>Figura 22</b> <i>Forma de onda del sensor MAP</i> .....	<b>65</b>
<b>Figura 23</b> <i>Forma de onda del sensor MAF</i> .....	<b>66</b>
<b>Figura 24</b> <i>Forma de onda de sensor ECT</i> .....	<b>67</b>
<b>Figura 25</b> <i>Forma de onda de sensor TPS</i> .....	<b>68</b>
<b>Figura 26</b> <i>Simulación sensor IAT</i> .....	<b>69</b>
<b>Figura 27</b> <i>Forma de onda de sensor CKP Inductivo</i> .....	<b>70</b>
<b>Figura 28</b> <i>Forma de onda de sensor CKP Efecto Hall</i> .....	<b>70</b>
<b>Figura 29</b> <i>Forma de onda del sensor CMP</i> .....	<b>71</b>
<b>Figura 30</b> <i>Forma de onda del sensor APP</i> .....	<b>72</b>
<b>Figura 31</b> <i>Forma de onda del sensor de velocidad</i> .....	<b>72</b>
<b>Figura 32</b> <i>Forma de onda del sensor de golpeteo</i> .....	<b>73</b>
<b>Figura 33</b> <i>Forma de onda del sensor HEGO</i> .....	<b>74</b>
<b>Figura 34</b> <i>Simulación electrónica de la IAC</i> .....	<b>76</b>
<b>Figura 35</b> <i>Simulación electrónica de la EGR</i> .....	<b>76</b>
<b>Figura 36</b> <i>Forma de onda de los inyectores</i> .....	<b>74</b>
<b>Figura 37</b> <i>Forma de onda de las bobinas</i> .....	<b>78</b>
<b>Figura 38</b> <i>Simulación electrónica MIL</i> .....	<b>78</b>
<b>Figura 39</b> <i>Simulación electrónica del relé de la bomba</i> .....	<b>79</b>
<b>Figura 40</b> <i>Aproximación de diagrama de bloques</i> .....	<b>82</b>
<b>Figura 41</b> <i>Esquema de bloques de la propuesta</i> .....	<b>83</b>
<b>Figura 42</b> <i>Diagrama de bloques sistema de Alimentación</i> .....	<b>83</b>
<b>Figura 43</b> <i>Diagrama de bloques sistema de Control</i> .....	<b>84</b>

<b>Figura 44</b> <i>Diagrama de bloques señales de salida</i> .....	<b>84</b>
<b>Figura 45</b> <i>Diagrama de bloques señales de entrada</i> .....	<b>85</b>
<b>Figura 46</b> <i>Diagrama de bloques sistema de comunicación</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura 47</b> <i>Circuito de conexión del sistema de alimentación del Equipo</i> .....	<b>92</b>
<b>Figura 48</b> <i>Mandos de control de paso de corriente</i> .....	<b>93</b>
<b>Figura 49</b> <i>Tomas de alimentación desde el banco</i> .....	<b>93</b>
<b>Figura 50</b> <i>Medidor de voltaje</i> .....	<b>94</b>
<b>Figura 51</b> <i>Circuitos de control</i> .....	<b>94</b>
<b>Figura 52</b> <i>Circuito de conexión del sensor CKP y CMP tipo inductivo</i> .....	<b>95</b>
<b>Figura 53</b> <i>Jack de entrada de audio CKP y CMP</i> .....	<b>95</b>
<b>Figura 54</b> <i>Reproductor de Audio DFPlayer mini MP3</i> .....	<b>96</b>
<b>Figura 55</b> <i>Programa Daqarta Generador de archivos de audio</i> .....	<b>96</b>
<b>Figura 56</b> <i>Circuito de conexión del sensor CKP y CMP de efecto Hall</i> .....	<b>97</b>
<b>Figura 57</b> <i>Tomas de medición de los sensores CKP y CMP</i> .....	<b>97</b>
<b>Figura 58</b> <i>Forma de señal de los sensores CKP y CMP de tipo inductivo</i> ...	<b>97</b>
<b>Figura 59</b> <i>Forma de señal de los sensores CKP y CMP de efecto Hall</i> .....	<b>98</b>
<b>Figura 60</b> <i>Circuito de conexión de los sensores MAP y MAF digitales</i> .....	<b>99</b>
<b>Figura 61</b> <i>Circuito de conexión de los sensores MAP y MAF analógicos</i> .....	<b>99</b>
<b>Figura 62</b> <i>Mandos de los sensores MAP y MAF</i> .....	<b>99</b>
<b>Figura 63</b> <i>Forma de señal de los sensores MAP y MAF</i> .....	<b>100</b>
<b>Figura 64</b> <i>Circuito de conexión del sensor TPS Y APP</i> .....	<b>100</b>
<b>Figura 65</b> <i>Mandos y tomas de medición de los sensores APP y TPS</i> .....	<b>101</b>

<b>Figura 66</b> Forma de señal de los sensores APP y TPS.....	<b>101</b>
<b>Figura 67</b> Circuito de conexión de los sensores IAT Y ECT .....	<b>102</b>
<b>Figura 68</b> Mandos y tomas de medición de los sensores IAT y ECT.....	<b>102</b>
<b>Figura 69</b> Forma de señal de los sensores IAT y ECT. ....	<b>103</b>
<b>Figura 70</b> Circuito de conexión del sensor KS.....	<b>103</b>
<b>Figura 71</b> Circuito de conexión del sensor O2.....	<b>104</b>
<b>Figura 72</b> Mandos y tomas de medición de los sensores KS y O2.....	<b>104</b>
<b>Figura 73</b> Forma de señal del sensor KS .....	<b>104</b>
<b>Figura 74</b> Conexión y control del Sensor VSS.....	<b>105</b>
<b>Figura 75</b> Control y toma de medición del sensor VSS.....	<b>105</b>
<b>Figura 76</b> Señales generadas por el Módulo AD9833 .....	<b>106</b>
<b>Figura 77</b> Circuito generador de señal .....	<b>106</b>
<b>Figura 78</b> Control y toma de medición del Generador de Señal .....	<b>107</b>
<b>Figura 79</b> Señal digital de libre uso .....	<b>107</b>
<b>Figura 80</b> Circuito de conexión de los inyectores .....	<b>108</b>
<b>Figura 81</b> Diseño físico inyectores.....	<b>108</b>
<b>Figura 82</b> Circuito de conexión de las bobinas.....	<b>109</b>
<b>Figura 83</b> Diseño físico de las bobinas.....	<b>109</b>
<b>Figura 84</b> Circuito de conexión de las bobinas.....	<b>110</b>
<b>Figura 85</b> Diseño físico de las bobinas transistorizadas .....	<b>110</b>
<b>Figura 86</b> Circuito de conexión indicadores led.....	<b>111</b>
<b>Figura 87</b> Diseño físico de indicadores led .....	<b>112</b>

<b>Figura 88</b> <i>Conectores DB25</i> .....	<b>116</b>
<b>Figura 89</b> <i>Cables de conexión DB25</i> .....	<b>118</b>
<b>Figura 90</b> <i>Designación de pines del conector OBD2</i> .....	<b>118</b>
<b>Figura 91</b> <i>Osciloscopio Hantek 1008C</i> .....	<b>119</b>
<b>Figura 92</b> <i>Cable de osciloscopio P6100</i> .....	<b>119</b>
<b>Figura 93</b> <i>Multímetro o Tester y cables de conexión</i> .....	<b>121</b>
<b>Figura 94</b> <i>Interfaz ELM327</i> .....	<b>122</b>
<b>Figura 95</b> <i>Vista frontal del banco de pruebas</i> .....	<b>122</b>
<b>Figura 96</b> <i>Vistas laterales del banco de pruebas</i> .....	<b>123</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Banco de pruebas de diagnóstico de ECM .....	<b>33</b>
<b>Tabla 2</b> Diagnóstico y reparación de ECM .....	<b>34</b>
<b>Tabla 3</b> Tipos de metodología de investigación.....	<b>37</b>
<b>Tabla 4</b> Voltajes de señal del sensor MAP.....	<b>65</b>
<b>Tabla 5</b> Voltajes de señal del sensor MAF.....	<b>66</b>
<b>Tabla 6</b> Voltajes de señal del sensor ECT .....	<b>67</b>
<b>Tabla 7</b> Voltajes de señal del sensor TPS .....	<b>68</b>
<b>Tabla 8</b> Elaboración de los diseños de los circuitos eléctricos. ....	<b>87</b>
<b>Tabla 9</b> Diseño esquemático y elaboración de circuitos impresos .....	<b>89</b>
<b>Tabla 10</b> Montaje y componentes eléctricos .....	<b>91</b>
<b>Tabla 11</b> Interpretación de encendido de leds IAC .....	<b>111</b>
<b>Tabla 12</b> Pasos para la fabricación del armazón del banco de pruebas ....	<b>113</b>
<b>Tabla 13</b> Procedimiento de la fabricación del panel de control .....	<b>114</b>
<b>Tabla 14</b> Ensamblaje del banco de pruebas.....	<b>115</b>
<b>Tabla 15</b> Designación de pines de los conectores DB25.....	<b>117</b>
<b>Tabla 16</b> Partes del banco de pruebas .....	<b>123</b>
<b>Tabla 17</b> Designación de pines ECU Chevrolet Aveo Activo 1.6.....	<b>125</b>
<b>Tabla 18</b> Prueba de Activación de actuadores de la ECU Chevrolet.....	<b>127</b>
<b>Tabla 19</b> Señales CKP, CMP y O2 de entrada hacia la ECU .....	<b>128</b>
<b>Tabla 20</b> Señales MAP, TPS, IAC, ECT de entrada hacia la ECU .....	<b>129</b>
<b>Tabla 21</b> Señales de inyección y de encendido .....	<b>130</b>

<b>Tabla 22</b> Señales CKP, CMP y O2 de entrada hacia la ECU .....	<b>131</b>
<b>Tabla 23</b> Señales MAP, TPS, IAC, ECT de entrada hacia la ECU.....	<b>132</b>
<b>Tabla 24</b> Señales de inyección y de encendido. ....	<b>133</b>
<b>Tabla 25</b> PID obtenidos con el scanner ELM 327 .....	<b>134</b>
<b>Tabla 26</b> Parámetros de operación del inyector 1 y la bobina 1.....	<b>135</b>
<b>Tabla 27</b> Estado de activación de los actuadores.....	<b>135</b>
<b>Tabla 28</b> PID obtenidos con el scanner ELM 327 .....	<b>135</b>
<b>Tabla 29</b> Parámetros de operación del inyector 1 y la bobina 1.....	<b>136</b>
<b>Tabla 30</b> Estado de activación de los actuadores.....	<b>136</b>
<b>Tabla 31</b> Designación de pines ECU Kia Xcite 1.4 .....	<b>136</b>
<b>Tabla 32</b> Prueba de Activación de actuadores de la ECU Kia Xcite .....	<b>138</b>
<b>Tabla 33</b> Señales CKP, CMP y O2 de entrada hacia la ECU.....	<b>139</b>
<b>Tabla 34</b> Señales MAP, TPS, IAC, ECT de entrada hacia la ECU.....	<b>139</b>
<b>Tabla 35</b> Señales de inyección y de encendido .....	<b>141</b>
<b>Tabla 36</b> Señales CKP, CMP y O2 de entrada hacia la ECU .....	<b>142</b>
<b>Tabla 37</b> Señales MAP, TPS, IAC, ECT de entrada hacia la ECU.....	<b>142</b>
<b>Tabla 38</b> Señales de inyección y de encendido .....	<b>144</b>
<b>Tabla 39</b> PID obtenidos con el scanner ELM 327 .....	<b>145</b>
<b>Tabla 40</b> Parámetros de operación del inyector 1 y la bobina 1.....	<b>145</b>
<b>Tabla 41</b> Estado de activación de los actuadores.....	<b>146</b>
<b>Tabla 42</b> PID obtenidos con el scanner ELM 327 .....	<b>146</b>
<b>Tabla 43</b> Parámetros de operación del inyector 1 y la bobina 1.....	<b>146</b>

<b>Tabla 44</b> <i>Estado de activación de los actuadores</i> .....	<b>147</b>
<b>Tabla 45</b> <i>Recursos humanos</i> .....	<b>148</b>
<b>Tabla 46</b> <i>Tabla de recursos materiales</i> .....	<b>148</b>
<b>Tabla 47</b> <i>Recursos tecnológicos</i> .....	<b>149</b>
<b>Tabla 48</b> <i>Recursos tecnológicos</i> .....	<b>149</b>
<b>Tabla 49</b> <i>Costo neto del proyecto</i> .....	<b>150</b>

## Resumen

El proyecto de titulación tuvo como propósito el diseño y construcción de un banco de pruebas genérico para el diagnóstico y detección de averías en Módulos de Control Electrónico. La investigación inicia con la recopilación de parámetros de funcionamiento de los principales sensores del vehículo mediante la indagación de fuentes bibliográficas, trabajos previos y comprobación en condiciones reales. Para el diseño del equipo se realizó un estudio de posibles maneras de simular electrónicamente las señales analógicas y digitales por medio del software Livewire, así como también se investigó el uso de módulos electrónicos permitiendo que el banco sea autónomo y versátil en su operación, para la activación de los actuadores se optó por relés, transistores e indicadores de funcionamiento (leds) con el objetivo de imitar y visualizar las condiciones de operación de un vehículo a través del banco, del mismo modo se puede observar las diferentes señales generadas gracias a los terminales tipo Jack incorporados en el equipo. Más adelante de la construcción de las placas electrónicas se realizó pruebas de funcionamiento a cada una de ellas verificando que las señales se den de una manera correcta. El equipo descartó cualquier fallo de sensores y actuadores enfocándose específicamente en averías de la ECU reduciendo tiempo de diagnóstico y obteniendo mejor desempeño en las reparaciones.

Palabras clave:

- **SOFTWARE LIVEWIRE**
- **DIAGNÓSTICO DE ECUS**
- **MODULOS DE CONTROL ELECTRÓNICOS**



### **Abstract**

The purpose of the degree project was the design and construction of a generic test bench for the diagnosis and detection of faults in Electronic Control Modules. The investigation begins with the compilation of operating parameters of the main sensors of the vehicle through the investigation of bibliographic sources, previous works and verification in real conditions. For the design of the equipment, a study was carried out of possible ways of electronically simulating analog and digital signals through Livewire software, as well as the use of electronic modules, allowing the bank to be autonomous and versatile in its operation, for the activation of the actuators opted for relays, transistors and operation indicators (LEDs) in order to imitate and visualize the operating conditions of a vehicle through the bank, in the same way you can observe the different signals generated thanks to the terminals Jack type incorporated into the equipment. Later in the construction of the electronic boards, functional tests were carried out on each one of them, verifying that the signals were given correctly. The team ruled out any sensor and actuator failures by specifically targeting ECU failures, reducing diagnostic time and obtaining better repair performance.

Keywords:

- **LIVEWIRE SOFTWARE**
- **ECUS DIAGNOSIS**
- **ELECTRONIC CONTROL MODULES**

## Capítulo I

### 1. Marco metodológico de la Investigación

#### 1.1. Antecedentes

El avance tecnológico que ha incursionado en el sector automotriz en los últimos años ha sido notable, esta tecnología se encuentra presente en nuestro país desde hace más una década, tecnología que si bien ha sido desarrollada en países del primer mundo, ha tenido que ser adoptada, investigada y evaluada para poder brindar servicios de vanguardia y acordes a la nuevas exigencias que estos vehículos requieren para un mantenimiento eficiente, que ya no requiere conocimientos limitados al campo mecánico simplemente, sino también conocimientos en otras áreas, como la electrónica o la autotrónica propiamente dicha. (Laica, 2012, pp. 1)

Las unidades de control de los sistemas de inyección a gasolina y otros componentes electrónicos presentes en los vehículos están expuestas a condiciones de funcionamiento adversas, por lo cual se pueden presentar una serie de fallas físicas y lógicas que requieren de un análisis completo y de un equipo adecuado para realizar una evaluación correcta, debido a que un diagnóstico equivocado podría causar una falla en el sistema de inyección e incluso se podría dañar otros componentes. (Vera, 2014, pp. 1)

El área de diagnóstico automotriz ha ido evolucionando a la par con las últimas tecnologías en control electrónico y la necesidad de reparar ECUS en nuestro país se hace indispensable una herramienta de diagnóstico, que identifique el funcionamiento adecuado de estas para tener la certeza de que debe ser reparada o no. (Constante, 2013a, pp. 1)

Debido a la necesidad de reparar ECUS, en nuestro país se hace indispensable una herramienta de diagnóstico que identifique adecuadamente las fallas de estas y tener la certeza de que debe ser reparada o no. En nuestro medio existen talleres donde no se tiene conocimiento adecuado de electrónica automotriz y hay muchas ocasiones donde problemas en el automóvil son atribuidos a las ECUS. (Constante, 2013b, pp. 2)

Hoy en día, los sistemas automotrices modernos incluyen una gran cantidad de Unidades de Control Electrónico (ECU). Estas ECU proporcionan muchos sistemas sofisticados, como control del motor, sistemas de frenos antibloqueo, etc. Este hecho ha aumentado la complejidad de las redes integradas de automoción. Otro tema importante en este campo es la necesidad de definir una estrategia de diagnóstico adecuada para evitar la propagación de fallas. (Nasri et al., 2019, pp. 1)

## **1.2. Planteamiento del problema**

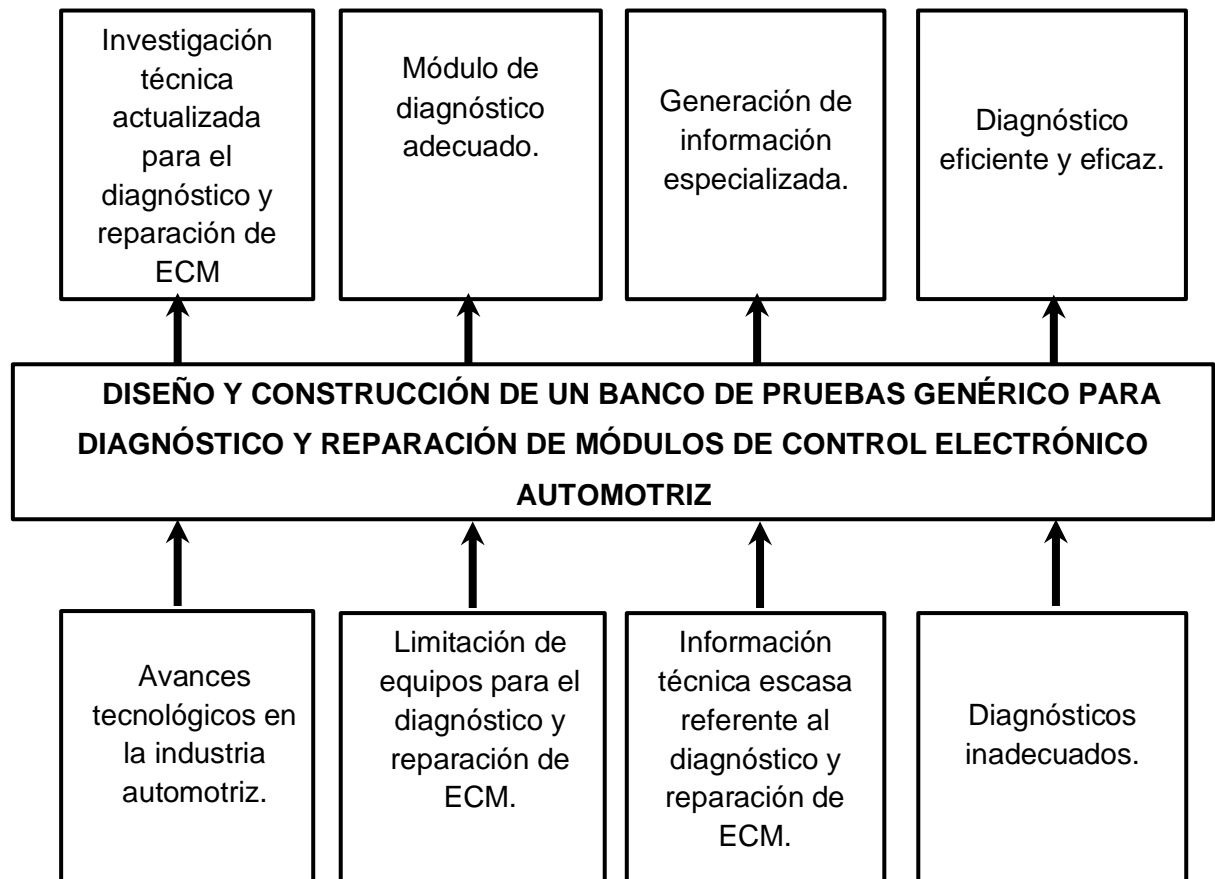
Los avances tecnológicos en la industria automotriz avanzan y cada vez ingresa más al ámbito eléctrico y electrónico, de tal manera que los vehículos de las diferentes marcas cuentan con sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos, todos ellos gestionados por módulos de control electrónico denominados ECM, los cuales no están libres de fallas debido al deterioro, acumulación de polvo, humedad y otros factores que interviene en su mal funcionamiento.

La limitación de equipos especializados e información técnica para el diagnóstico y reparación de ECM es evidente, esto conlleva a una detección y reparación de fallas mediocre, por ende, el reemplazo inadecuado de sensores,

actuadores y componentes lo que provoca pérdida de tiempo de diagnóstico y dinero.

**Figura 1**

*Cuadro del planteamiento de problemas*



### 1.3. Descripción resumida del proyecto

En la presente investigación se presenta el diseño y construcción de un banco de pruebas genéricos para diagnóstico y reparación de módulos de control electrónico Automotriz por lo cual se procedió a realizar lo siguiente:

- Se indagó información antecedente de libros, artículos científicos, tesis, bases digitales referente al proyecto.

- Se investigó parámetros de funcionamiento de los diferentes sensores, actuadores y módulos electrónicos de las principales marcas de vehículos que existe en Ecuador, cuyas ECUS sean reparables.
- Se realizó diagramas de bloques que esquematizan el proyecto desarrollado.
- Se seleccionó elementos eléctricos - electrónicos para las aplicaciones con el fin de simular las señales de los diferentes sensores y actuadores del vehículo.
- Se diseñó los circuitos eléctricos – electrónicos, aplicados en ingeniería automotriz referentes al proyecto.
- Se simuló los diferentes circuitos en el Software Livewire para comprobar la funcionalidad de los mismos.
- Se fabricó placas electrónicas que permitieron simular las señales de los principales sensores y actuadores.
- Se diseñó el armazón para posteriormente realizar la construcción del mismo.
- Posteriormente se ensambló apropiadamente los circuitos eléctricos - electrónicos al banco de pruebas.
- Se recopiló información de las especificaciones de pines de entrada y salida de los Módulos de control electrónico más relevantes de vehículos que existen en el país, para establecer un patrón genérico al equipo de pruebas para diagnóstico.
- Se desarrolló pruebas de verificación de módulos electrónicos mediante la polarización adecuada de los mismos, para establecer el funcionamiento

adecuado de la computadora automotriz, tanto con el uso de osciloscopios como de scanner y sus interfaces.

- Se realizó reportes de diagnóstico y se estableció donde se generan las posibles averías llegando a alternativas de reparación.
- Se generó un manual técnico de funcionamiento del banco de pruebas para diagnóstico de módulos de control electrónico automotriz.

#### **1.4. Justificación e Importancia**

El sector automotriz en los últimos años ha tenido un gran avance tecnológico en la electrónica, puesto que la mayor parte de los sistemas del vehículo son controlados por módulos de control electrónico (ECM), sin embargo, la limitación de equipos especializados e información técnica referente al diagnóstico y reparación de ECM es indiscutible.

Muchas de las veces existen fallas en los módulos de control electrónico los cuales no son diagnosticados correctamente, sin embargo, al verificar por medio del banco de pruebas especializado se comprueba que la avería no proviene de los sensores y actuadores del vehículo, de esta manera se evita que el técnico reemplace componentes que se encuentra en correcto funcionamiento, evitando el despilfarro de dinero y reduciendo el tiempo de diagnóstico.

Considerando estos aspectos se realizó una investigación que refiere al diseño y construcción de un banco de pruebas genérico para el diagnósticos y reparación de módulos de control electrónico automotriz, el cual permitió generar información técnica especializada y contribuyo a verificar si un ECM necesita reparación o no, además con el banco de pruebas no solo se podrá realizar diagnósticos, si no también se podrá observar señales de los diferentes sensores y

actuadores del vehículo, las cuales servirán como patrón para comparar y determinar el estado de funcionamiento de los mismos.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Diseñar y construir de un banco de pruebas genérico para diagnóstico y reparación de módulos de control electrónico automotriz

### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Recopilar información antecedente de libros, artículos científicos, tesis, bases digitales referente al proyecto.
- Investigar parámetros de funcionamiento de los diferentes sensores, actuadores y módulos electrónicos de las principales marcas de vehículos que existen en Ecuador, cuyas ECUS sean reparables.
- Diseñar los diferentes circuitos electrónicos, aplicados en ingeniería automotriz referentes al proyecto y simular en el Software Livewire para comprobar la funcionalidad de los mismos.
- Fabricar placas electrónicas que permitan simular las diferentes señales de los principales sensores y actuadores.
- Dimensionar, diseñar, ensamblar el armazón y los circuitos eléctricos - electrónicos del banco de pruebas.
- Recopilar información de las especificaciones de pines de entrada y salida de los Módulos de control electrónico Automotriz, para establecer un patrón genérico al equipo de pruebas para diagnóstico.

- Desarrollar pruebas de verificación en los módulos electrónicos mediante la polarización adecuada de los mismos.
- Realizar reportes de diagnóstico y establecer donde se generan las posibles averías llegando a alternativas de reparación.
- Generar un manual técnico de funcionamiento del banco de pruebas para diagnóstico de módulos de control electrónico automotriz.

### **1.6. Metas**

- Desarrollar e implementar un banco de pruebas genérico para diagnóstico de módulos de control electrónico que cubran al menos un 80 % de marcas, y realizar un diagnóstico efectivo al 90% garantizando su confiabilidad.

### **1.7. Hipótesis**

¿Al implementar un banco de pruebas genérico para módulos de control electrónico automotriz se realizará un diagnóstico efectivo?

### **1.8. Variables de la Investigación**

#### ***1.8.1. Variable Independiente***

Banco de pruebas de diagnóstico genérico de ECM.



**Tabla 1***Banco de pruebas de diagnóstico de ECM*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos	
Es un equipo de pruebas para diagnóstico y reparación de módulos de control electrónico.	Módulo de control electrónico (ECM)	Señales de entrada al banco (Actuadores)	V/A	Diseño Selección Matematización	Protocolo de pruebas	
		Señales de salida del banco (Sensores)	V/A	Diseño Selección Matematización	Protocolo de pruebas	
		Circuito de alimentación	V/A	Selección	Protocolo de pruebas	
			V/A	Selección	Protocolo de pruebas	
		Protocolo de comunicación	V/A	Selección	Protocolo de pruebas	
		V/A	Selección	Protocolo de pruebas		
		Circuitos electrónicos (ECM)	Fuente	V/A	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
			Driver	V/A	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
			Periferia	V/A	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
			Procesamiento	V/A	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas

**1.8.2. Variable Dependiente**

Diagnóstico y reparación de módulos de control electrónico Automotriz

**Tabla 2***Diagnóstico y reparación de ECM.*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Unidades de medida que entregan y reciben información de condiciones de operación de un vehículo	Señales de salida del banco	MAP	✓	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas.
		MAF	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
		ECT	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
		TPS	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
		HEGO	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
		IAT	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
		CKP	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
		CMP	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
	Señales de entrada al banco	KS	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
		APP	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
		VSS	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
		IAC	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
		Inyectores	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
		Bobinas de encendido	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
		Relé de la Bomba	✓	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.
		Relé del Ventilador	✓	Medición. Experimentación	Protocolo de pruebas.

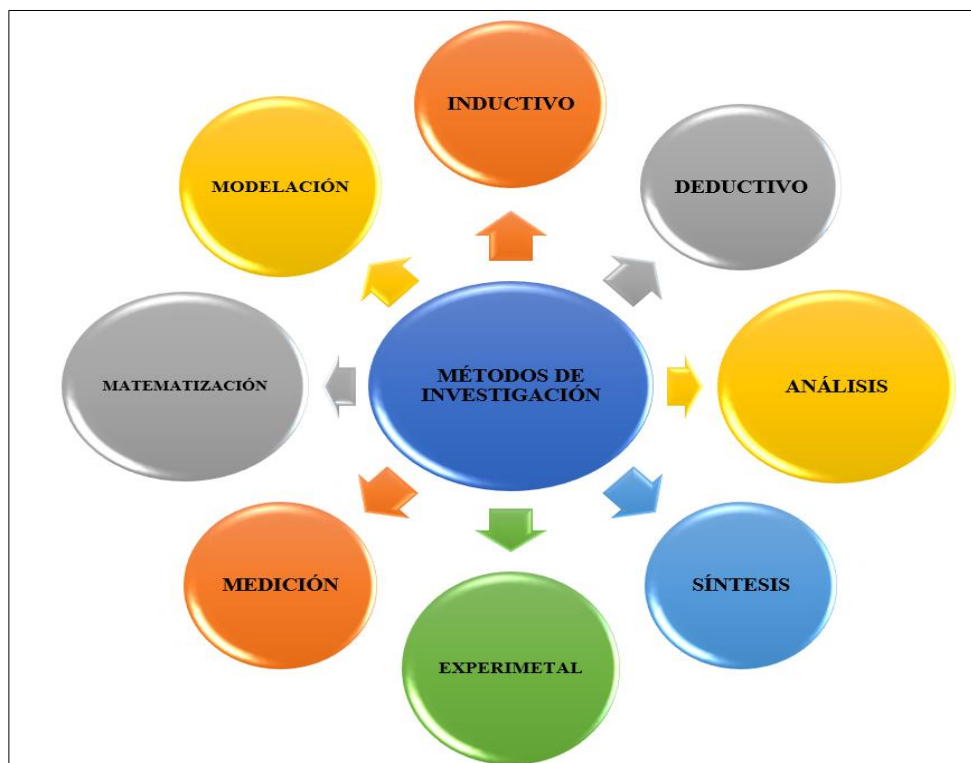
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
		Check Engine	√	Medición. Experimentación.	Protocolo de pruebas.

### 1.9. Metodología del desarrollo del proyecto

En el presente proyecto se utilizó los siguientes métodos de investigación.

**Figura 2**

*Métodos de investigación*



#### 1.9.1. Método inductivo

Este método permitió que a través de la comprobación de los diferentes Módulos de Control Electrónico (ECM) Automotriz se logre obtener los parámetros necesarios para el funcionamiento de los sistemas como las señales generadas por los sensores del vehículo, simulando así la activación de los actuadores por medio

de las unidades de control, con el objeto de obtener conclusiones al culminar la comprobación.

### **1.9.2. Método deductivo**

Se analizó todos los parámetros de funcionamiento de los sistemas que son controlados por los principales Módulos de Control Electrónico permitiendo diagnosticar el estado en el que se encuentran las ECUS de forma técnica.

### **1.9.3. Método de síntesis**

Este método ayudó a generar un resumen de los procesos de diagnóstico de las ECM obteniendo una recopilación de los valores o datos que resultaron después de la realización de las pruebas bajo diferentes parámetros de los sistemas que son controlados por las unidades de control electrónico con las señales generadas por los sensores simulados y actuadores del banco de pruebas.

### **1.9.4. Método de análisis**

Por medio de este método se obtuvo las variaciones de los parámetros generados por módulos de control de electrónico de las diferentes marcas así también los parámetros de salida de la computadora con variaciones de los sensores simulados por el banco de pruebas genérico, con el fin de registrar resultados.

### **1.9.5. Método experimental**

Fue óptimo utilizar este método puesto que el proyecto se enfoca en la investigación para generar señales simuladas de sensores y actuadores, utilizando elementos eléctricos y electrónicos, dichas señales sirvieron para realizar mediciones y pruebas de funcionalidad de los diferentes Módulos de Control

Electrónico, generando información técnica especializada y registro de funcionamiento.

#### **1.9.6. Método medición**

Mediante el uso de equipos de medición Automotrices se obtuvo un registro de valores característicos de voltaje de los diferentes sensores y actuadores para implementar al banco, también se utilizó para verificar parámetros reales que recibe la ECM de los sensores, así también las señales que envía a los actuadores.

#### **1.9.7. Método de matematización**

Es indispensable este método puesto que se utilizó fórmulas matemáticas como ley de Ohm, ley de Kirchhoff, divisor de voltaje, cálculo de resistencias equivalentes, capacitancia, las cuales permitió simular señales de entrada a los módulos de control electrónico determinado su funcionalidad.

#### **1.9.8. Método de modelación**

Se utilizó este método para diseñar y modelar la estructura como tal, del banco de pruebas para diagnóstico módulos electrónicos, así también el diseño de los diferentes circuitos electrónicos y las formas de onda de los sensores y actuadores del vehículo.

**Tabla 3**

*Tipos de metodología de investigación*

<b>Metodología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Equipo</b>	<b>Laboratorio</b>
<b>Inductivo</b>	Este método permitió que a través de la comprobación de los diferentes Módulos de Control Electrónico (ECM) Automotriz se logre	Computadoras automotrices Osciloscopio automotriz Scanner automotriz	Laboratorio Autotrónica ESPE/Trabajo de campo.

<b>Metodología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Equipo</b>	<b>Laboratorio</b>
	obtener los parámetros necesarios para el funcionamiento de los sistemas como las señales generadas por los sensores del vehículo, simulando así la activación de los actuadores por medio de las unidades de control, con el objeto de obtener conclusiones al culminar la comprobación.	Multímetro Banco de pruebas genérico	
<b>Deductivo</b>	Se analizó todos los parámetros de funcionamiento de los sistemas que son controlados por los principales Módulos de Control Electrónico permitiendo diagnosticar el estado en el que se encuentran las ECUS de forma técnica.	Computadoras automotrices Computador Osciloscopio automotriz Scanner automotriz Multímetro Banco de pruebas genérico	Laboratorio Autotrónica ESPE/Trabajo de campo.
<b>Síntesis</b>	Este método ayudó a generar un resumen de los procesos de diagnóstico de las ECM obteniendo una recopilación de los valores o datos que resultaron después de la realización de las pruebas bajo diferentes parámetros de los sistemas que son controlados por las unidades de control electrónico con las señales generadas por los sensores simulados y actuadores del banco de pruebas.	Computadoras automotrices Computador Osciloscopio automotriz Scanner automotriz Multímetro Banco de pruebas genérico	Laboratorio Autotrónica ESPE/Trabajo de campo.

<b>Metodología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Equipo</b>	<b>Laboratorio</b>
<b>Analítico</b>	Por medio de este método se obtuvo las variaciones de los parámetros generados por módulos de control de electrónico de las diferentes marcas así también los parámetros de salida de la computadora con variaciones de los sensores simulados por el banco de pruebas genérico, con el fin de registrar resultados.	Computadoras automotrices Computador Osciloscopio automotriz Scanner automotriz Multímetro Banco de pruebas genérico	Laboratorio Autotrónica ESPE/Trabajo de campo.
<b>Experimental</b>	Fue óptimo utilizar este método puesto que el proyecto se enfoca en la investigación para generar señales simuladas de sensores y actuadores, utilizando elementos eléctricos y electrónicos, dichas señales sirvieron para realizar mediciones y pruebas de funcionalidad de los diferentes Módulos de Control Electrónico, generando información técnica especializada y registro de funcionamiento.	Computadoras automotrices Computador Osciloscopio automotriz Scanner automotriz Multímetro PinData Banco de pruebas genérico	Laboratorio Autotrónica ESPE/Trabajo de campo.
<b>Medición</b>	Mediante el uso de equipos de medición Automotrices se obtuvo un registro de valores característicos de voltaje de los diferentes sensores y actuadores para implementar al banco, también se utilizó para verificar parámetros reales que recibe la ECM de los sensores, así también las señales que envía a los actuadores.	Computadoras automotrices Computador Osciloscopio automotriz Multímetro	Laboratorio Autotrónica ESPE/Trabajo de campo.

<b>Metodología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Equipo</b>	<b>Laboratorio</b>
<b>Matematización</b>	Es indispensable este método puesto que se utilizó fórmulas matemáticas como ley de Ohm, ley de Kirchhoff, divisor de voltaje, cálculo de resistencias equivalentes, capacitancia, las cuales permitió simular señales de entrada a los módulos de control electrónico determinado su funcionalidad.	Computador Calculadora	Laboratorio Autotrónica ESPE/Trabajo de campo.
<b>Modelación</b>	Se utilizó este método para diseñar y modelar la estructura como tal, del banco de pruebas para diagnóstico módulos electrónicos, así también el diseño de los diferentes circuitos electrónicos y las formas de onda de los sensores y actuadores del vehículo.	Computador Software de simulación	Laboratorio Autotrónica ESPE/Trabajo de campo.



## Capítulo II

### 2. Marco Teórico

#### 2.1. Módulos de control electrónico

Los Módulos de Control Electrónico son unidades que administran los sistemas que interactúan para la operación de combustión del motor, sistemas de suspensión, sistemas de dirección, etc. Cada uno de los módulos opera de forma independiente, pero al mismo tiempo interactúan entre sí. Son básicamente ordenadores que se encargan de recibir información de entrada en forma de señales de dispositivos, como sensores e interruptores, así como también de administrar y procesar los datos recibidos para generar salidas monitoreadas que activan los actuadores de los distintos tipos de sistemas.

##### ***2.1.1. Tipos de módulos de control electrónico automotriz.***

Los principales Módulos utilizados en diferentes marcas de autos son:

##### **ECM (Engine Control Module), módulo de control electrónico. -**

Almacena y controla los códigos de falla generados por los sensores y actuadores del motor.

**PCM (Powertrain Control Module), módulo de control de potencia. -** Es el que recoge información de todos los medios y controla el funcionamiento del motor y transmisión.

##### **TCM (Transmission Control Module), módulo de control Transmisión. -**

Controla el cambio de marcha en vehículos automáticos.

**ABS (Anti-lock Braking System), sistema de freno antibloqueo.** - Varía la fuerza de frenado con el fin de evitar la adherencia de los neumáticos sobre el suelo.

## **2.2. Circuitos de los módulos de control electrónico.**

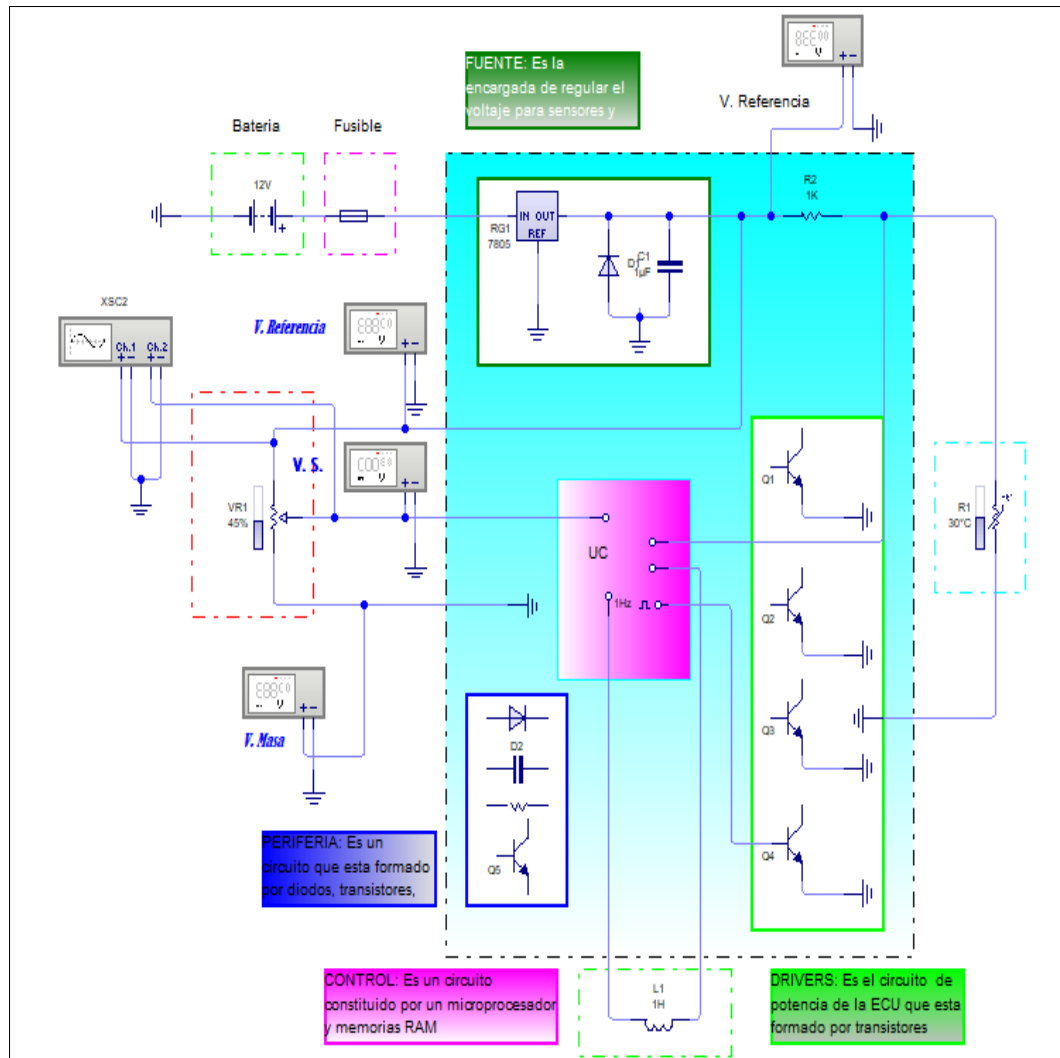
La unidad electrónica de control está constituida por un conjunto de componentes electrónicos, alojados en una caja de aluminio, provistas de aletas para su refrigeración. Hasta la unidad llegan diversas señales para el funcionamiento del motor, que son transmitidos por diferentes sensores, los cuales evalúan el estado inicial del motor para el control de los actuadores. El programa de control está almacenado en la memoria sobre la ejecución del programa se encarga el microprocesador, a través de elementos denominados drives, compuertas lógicas etc. Tanto las señales de entrada como las de salida para los diferentes actuadores se transmiten a la unidad de control por medio de un conector múltiple. (Mamani, 2015, pp. 17)

La mayoría de circuitos se encuentran en la parte interna de los módulos de control electrónico estos están destinados a mantener una estabilidad en el procesamiento. Los componentes principales de un módulo de control ECM son:

- Alimentación o circuito fuente
- CPU o circuito de procesamiento de datos
- Drivers o salidas
- Periferia

Figura 3

Representación de los circuitos de ECM



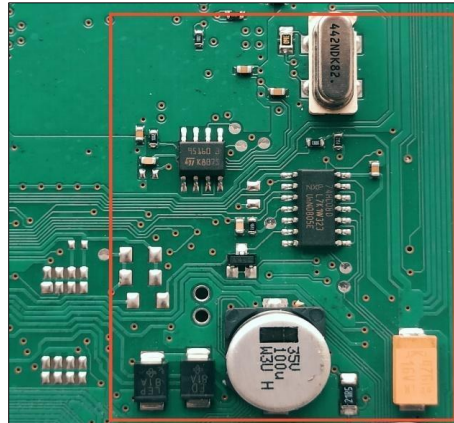
Nota. Se representa los principales circuitos de la ECM, circuito: Fuente, Periferia, Control, Drivers.

### 2.2.1. Circuito fuente

Suministra energía estable para que los circuitos puedan trabajar en el interior de la tarjeta y del exterior como es el caso de los sensores que requieren una alimentación constante alrededor de 5V.

## Figura 4

### *Circuito Fuente*



*Nota.* Condensadores, diodos, bobinas, convertidores, etc, los cuales forman el circuito Fuente de la computadora del vehículo Hyundai Accent 1.6.

### **2.2.2. Circuito de control**

El procesamiento de datos según (Mamani, 2015) afirma que “El procesamiento es realizado por un microprocesador que contiene en su interior tres dispositivos fundamentales que son: la unidad lógica de cálculo (ALU), un acumulador y una unidad de control” (p. 18).

**Unidad lógica de cálculo (ALU).** - es básicamente una calculadora que es el encargado de realizar operaciones aritméticas además de operaciones lógicas.

**Acumulador.** – Según (Mamani, 2015) el acumulador “es una memoria intermedia que le permite a la unidad lógica de cálculo (ALU) guardar datos mientras trabaja con otros que tienen relación con lo que está procesando. Esto significa que es una unidad de espera” (p. 18).

**Unidad de control.** - es el que recibe información, controla todas las entradas y salidas y se encarga de realizar el procesamiento de datos.

Se requiere de memorias principales para que el procesamiento de datos las cuales son:

**ROM (Read Only Memory):** según (Mamani, 2015) “la memoria ROM mantiene grabados los programas con todos los datos y curvas características, valores teóricos, etc. Con los que ha de funcionar el sistema .es una memoria no volátil que no puede borrarse” (p. 19).

**PROM (Programmable Read-Only Memory):**

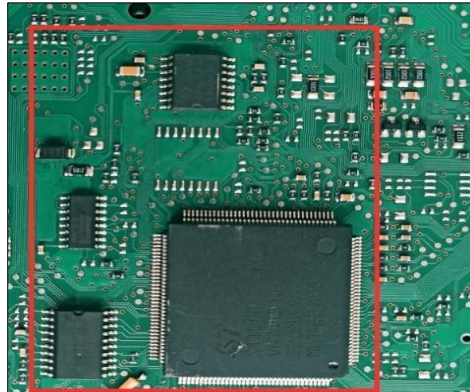
La memoria PROM es una memoria programable de solo lectura, en el cual sus contenidos se crean por un tipo especial de programación, ya sea por el fabricante o por un especialista, puesto que, si la programación es errónea, tiene que ser cambiada y desechada. (Cajisaca y Pinos, 2016, pp. 6)

**EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory):** Mantiene guardados los datos de forma indefinida y tiene la capacidad de borrarse y programarse de acuerdo a las necesidades del usuario.

**EEPROM (Electrically Programmable Read Only Memory):** Es una memoria que se puede programar, pero solamente de lectura además únicamente se puede borrar de manera electrónica.

**RAM (Random Access Memory):**

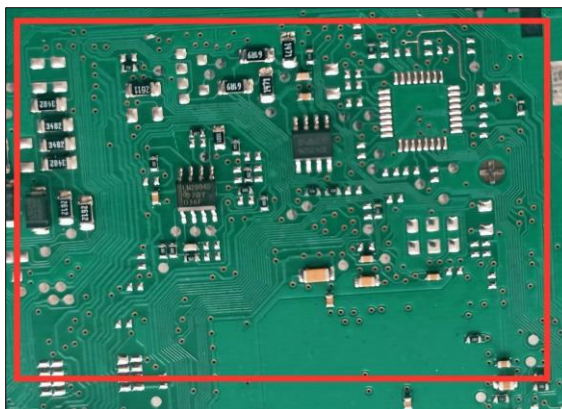
En la memoria RAM se almacena temporalmente los datos y valores enviados de los sensores, debido a su variación de funcionamiento en diferentes condiciones ambientales, razón por la cual, el microprocesador puede escribir y leer estos datos, y así tomar diferentes decisiones para que sea óptimo el funcionamiento del motor. (Cajisaca y Pinos, 2016, pp. 6)

**Figura 5***Circuito de Control*

*Nota.* El circuito de control contra de memorias RAM, ROM, EPROM se encarga de controlar la activación de los actuadores dependiendo la condición del vehículo.

**2.2.3. Circuito de periferia**

Según (Serravalle, 2011) menciona que: Se denomina bloque de entrada a todos los circuitos que se encuentran como receptores de las diferentes señales que van a ingresar a la UEC y antes de que lleguen al microprocesador.

**Figura 6***Circuito receptor de datos*

*Nota.* Consta de filtros, amplificadores, conversores análogos a digital, comparadores, recortadores, entre otros.

### 2.2.4. Circuito de drivers

En este circuito es la etapa final de las señales procesadas por el ordenador, el cual envía indicadores de ejecución a los actuadores: inyectores, bobinas, relé de la bomba, relé del ventilador, solenoides, etc.

#### Figura 7

*Circuito Sector de Salida*



*Nota.* El circuito también se le conoce como bloque de salida, se observa transistores los cuales van a gestionar las diferentes acciones de los actuadores.

## 2.3. Fundamentos de electrónica

### 2.3.1. Ley de Ohm

Teóricamente, la Ley de Ohm dice “La intensidad de corriente que circula por un conductor de resistencia R es directamente proporcional al valor de la tensión (V) e inversamente proporcional al valor de su resistencia” (Heramosa, 2011, p. 81).

La Ley de Ohm se expresa por medio de la siguiente ecuación:

**Ecuación 1**

*Ley de Ohm*

$$I = V/R$$

Donde:

- I: Intensidad.
- V: Voltaje.
- R: Resistencia.

**2.3.2. Leyes de Kirchhoff**

Existen dos leyes fundamentales

La primera Ley de Kirchhoff afirma que en un nudo donde concurren dos o más intensidades, la suma de todas ellas es nula en cualquier instante. En otras palabras, si se asigna el signo + para las corrientes entrantes, y el signo – para las salientes (o viceversa) puede decirse que la suma instantánea de todas las corrientes que entran en un nudo es igual a la suma de las corrientes que salen

La segunda Ley de Kirchhoff es dual de la anterior. Afirma que, en un circuito cerrado en forma de malla, la suma de las caídas de tensión en todos los elementos que lo forman es nula. (Pascual y Morera, 2005, pp. 62)

**2.3.3. Teorema de Thévenin**

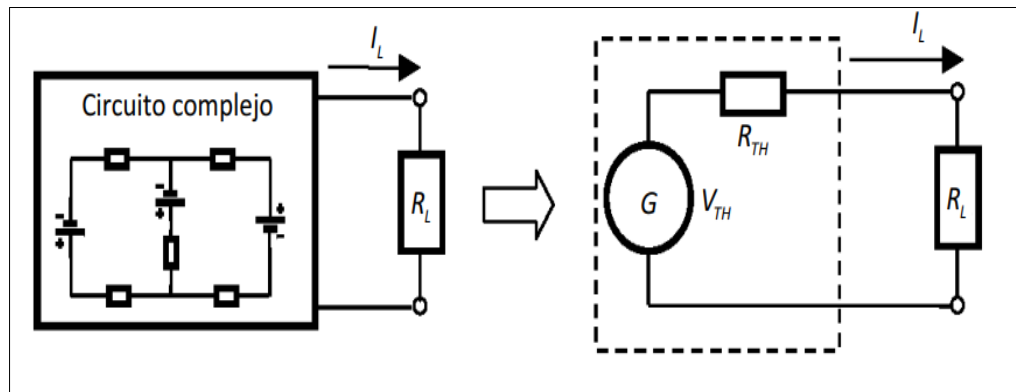
Se puede expresar el Teorema de Thévenin como “El conjunto de componentes entre dos puntos de un circuito, en el cual pueden encontrarse diversos generadores y resistencias, tiene por equivalente a un circuito que se



compone simplemente por un solo generador con una resistencia en serie”  
(Hermosa, 2011, p. 98).

### Figura 8

#### Teorema de Thévenin



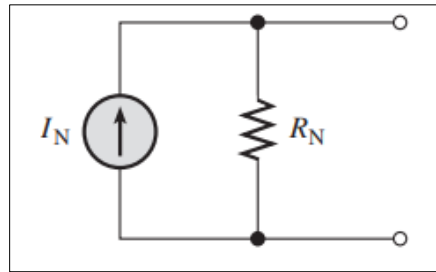
*Nota.* Se representa la simplificación de un circuito complejo por el teorema de Thévenin. Tomado de *Electrónica aplicada* (p. 98), por A. Hermosa, 2011, Marcombo.

#### 2.3.4. Teorema de Norton

El teorema de Norton es un método empleado para simplificar un circuito lineal de dos terminales en un circuito equivalente con sólo una fuente de corriente en paralelo con un resistor. Sin importar cuán complejo es el circuito de dos terminales original, siempre puede ser reducido a esta forma equivalente. (Floyd, 2007, pp. 306)

**Figura 9**

*Forma de un circuito equivalente de Norton.*



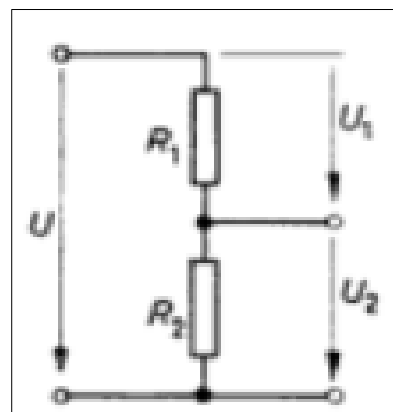
*Nota.* Simplificación de un circuito en un circuito equivalente con una sola fuente de corriente y una resistencia. Tomado de *Principios De Circuitos Eléctricos* (p. 306), por T. Floyd, 2007, Pearson Educación Prentice Hall.

### **2.3.5. Divisor de tensión**

El divisor de tensión constituye dos resistencias en serie **R1 y R2** Figura 8. Existe una tensión entre los bornes exteriores de las resistencias en serie la cual está representada como **U**, al medir el voltaje en la resistencia **R2** se genera un voltaje parcial **U2**.

**Figura 10**

*Divisor de tensiones sin carga*



*Nota.* Tomado de *Principios de electrotecnia* (p. 43), por A. Senner, 1992, Reverte.

**Divisor de tensión sin carga.** Se denomina un divisor de tensión sin carga, cuando no se obtiene corriente de él, cómo se observa en la Figura 9. Además, se dice que es un divisor de tensión vacío cuando la corriente que se toma es relativamente pequeña.

El valor de tensión en un divisor sin carga se afirma que “En los divisores de tensión sin carga la tensión total  $U$  se divide en las tensiones parciales  $U_1$  y  $U_2$ . La relación entre la tensión  $U_2$  y la tensión  $U$  es igual a la relación entre la resistencia parcial  $R_2$  y la resistencia total ( $R_1 + R_2$ )” (Senner, 1992, p. 43).

La ecuación de divisor de tensión sin carga es:

### ***Ecuación 2***

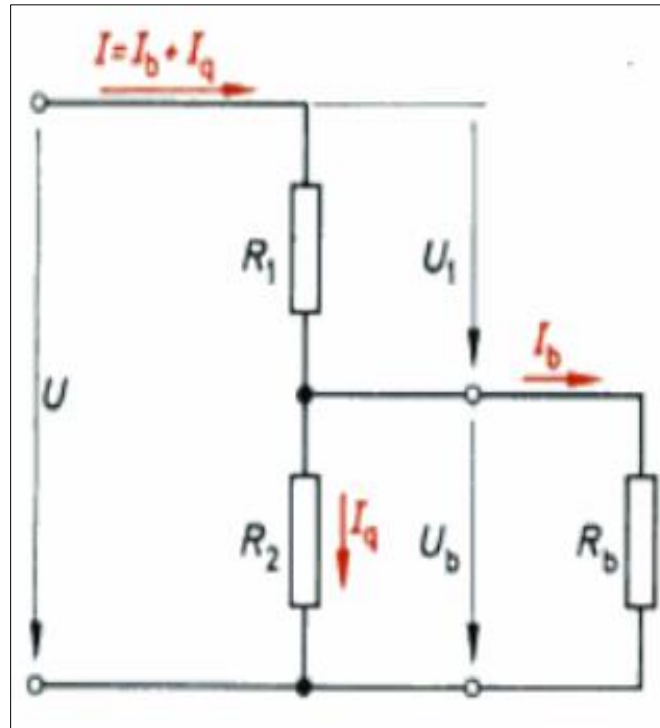
*Divisor de tensión sin carga*

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * U$$

Donde:

- $U_2$  = Tensiones Parciales.
- $U$ =Tensión Total.
- $R_1$  y  $R_2$  = Resistencia Parciales.

**Divisor de tensión con carga.** Se denomina divisor de tensión con carga cuando está unido a un consumidor, a través de la resistencia  $R_b$  recircula corriente  $I_b$ , y a través de  $R_2$  circula  $I_q$ . Por la resistencia  $R_1$  circula la sumatoria de las corrientes  $I = I_b + I_q$ . La corriente  $I_q$  genera pérdidas en forma de calor.

**Figura 11***Divisor de tensión con carga*

*Nota.* Tomado de *Principios de electrotecnia* (p. 44), por A. Senner, 1992, Reverte.

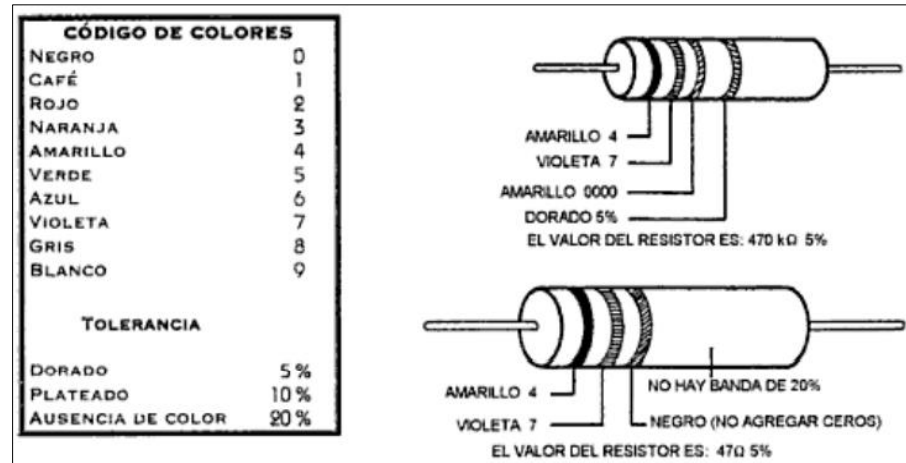
### 2.3.6. Elementos pasivos

**Resistencia.** Es un componente semiconductor diseñado para ejercer resistencia eléctrica al paso de corriente reduciendo su intensidad y provocando caídas de tensión.

El valor de la resistencia se puede determinar observando las franjas de color que se encuentran en el mismo componente, “cada color simboliza un número, de manera que al colocar una serie de colores cada uno de ellos representa la cifra de una cantidad que corresponde en cada caso el valor del resistor” (Harper, 2002, p. 36).

Figura 12

Código de colores de resistencias eléctricas



*Nota.* Se lee de izquierda a derecha, el primer color es el primer dígito del valor de la resistencia, el color que sigue es el segundo dígito, el tercer color es la cantidad de ceros que se debe colocar para encontrar el valor de su resistencia en Ohms, finalmente el último color es la tolerancia de la resistencia. Tomado de *El ABC del control electrónico de las máquinas eléctricas* (p.36), por Harper, 2002, Limusa, S.A.

### Cálculo de resistencias equivalentes

**Resistencia en serie.** Para determinar la resistencia equivalente de un conjunto de resistores conectadas en serie se utiliza la ecuación:

### Ecuación 3

*Resistencia equivalente en serie.*

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$

Donde:

- $R_T$ : Resistencia equivalente.

- R1: Valor de resistencia 1.
- R2: Valor de resistencia 2.
- Rn: Valor de resistencias “n” que siguen en el circuito.

**Resistencia en paralelo.** Para determinar la resistencia equivalente de un conjunto de resistores conectados en paralelo se utiliza la ecuación:

Para hallar el total de la resistencia equivalente se debe aplicar el inverso de la ecuación.

#### **Ecuación 4**

*Resistencia equivalente en paralelo.*

$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \dots + \frac{1}{Rn}$$

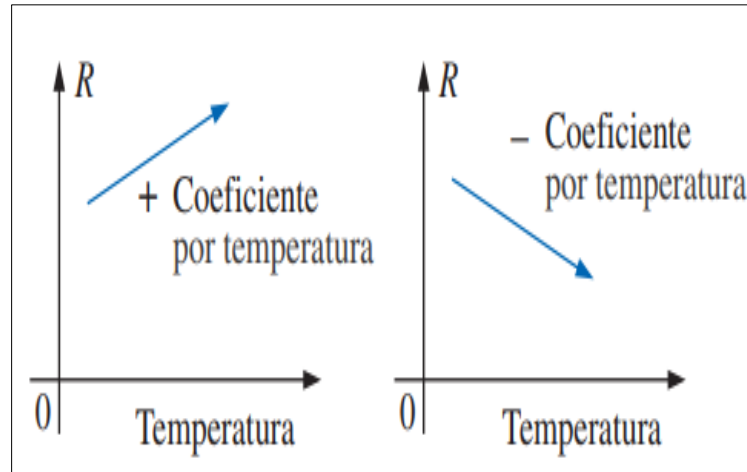
Donde:

- RT: Resistencia equivalente.
- R1: Valor de resistencia 1.
- R2: Valor de resistencia 2.
- Rn: Valor de resistencias “n” que siguen en el circuito.

**Termistor.** Los termistores son resistores variables las cuales cambian su valor de resistencia conforme varíe la temperatura del medio en que se encuentra, en la industria automotriz se utiliza a gran medida termistores de tipo NTC (negative temperature coefficient) el cual disminuye su valor de resistencia conforme aumente la temperatura y de tipo PTC (positive temperature coefficient) cuyo valor de la resistencia aumenta a medida que la temperatura aumenta.

**Figura 13**

*Curva característica de termistores PTC y NTC*



*Nota.* Tomado de *Introducción al análisis de circuitos* (p.68), por Boylestad, 2009, Pearson Educación.

**Capacitor.** Es un acumulador de energía o carga eléctrica la cual es almacenada en forma de campo eléctrico, consta de dos placas de metal paralelas separadas entre sí por medio de un aislamiento no conductor, es utilizado para filtrar señales y evitar caídas de tensión.

Existen diferentes tipos de capacitores según su dieléctrico, según (Gussow, 1991) menciona que: La mayoría son capacitores de aire, mica, papel o cerámica o bien de tipo electrolítico, la mayoría de los tipos de capacitores pueden ser conectados en un circuito eléctrico sin importar la polaridad. Sin embargo, los capacitores electrolíticos y algunos capacitores de cerámica tienen marcas para indicar el lado o terminal que debe conectarse al lado positivo de un circuito. (p. 254)

### **Cálculo de capacitancia equivalente**

**Capacitores en serie.** Cuando los capacitores se conectan en serie, la capacitancia total se encuentra mediante la ecuación:

**Ecuación 5**

*Capacitancia equivalente en serie.*

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Donde:

- CT: Capacitancia equivalente.
- C1: Valor del capacitor 1.
- C2: Valor del capacitor 2.
- Cn: Valor de los capacitores “n” que siguen en el circuito.

**Capacitores en paralelo.** Cuando los capacitores se conectan en paralelo, la capacitancia total se encuentra mediante la ecuación:

**Ecuación 6**

*Capacitancia equivalente en paralelo.*

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Donde:

- CT: Capacitancia equivalente.
- C1: Valor del capacitor 1.
- C2: Valor del capacitor 2.
- Cn: Valor de los capacitores “n” que siguen en el circuito.

**Inductor.** es básicamente una bobina de alambre, se basa en el principio de inducción electromagnética, la inductancia es la propiedad de una bobina que se opone a un cambio de corriente” (Floyd, 2007, p. 525).



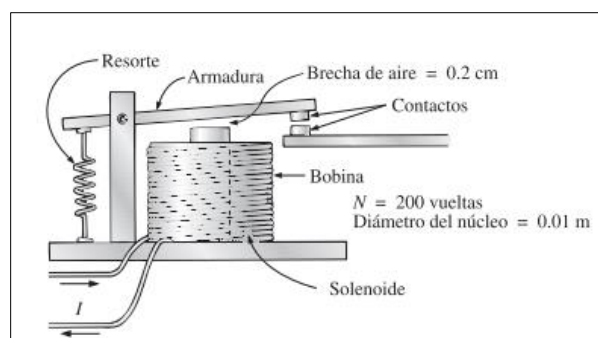
La inductancia puede definirse como la propiedad de un elemento de un circuito mediante el cual es posible almacenar energía en un campo magnético. Sin embargo, sólo tiene importancia en un circuito eléctrico cuando la corriente cambia con respecto al tiempo. Cuando la corriente aumenta o disminuye, el efecto que se opone a este cambio se denomina inductancia (L) o auto inductancia ( $L_a$ ). Por consiguiente, la inductancia es provocada por un campo magnético cambiante, producido por una corriente cambiante. (Baez y Mogro, 2008, pp. 14)

**Relés.** Los relés son interruptores magnéticos los cuales gracias a una corriente control pasa del contacto normalmente cerrado al contacto normalmente abierto, esto permite tener control de funcionamiento de dos líneas, el voltaje de disparo en un relé de 12V está entre 5 y 9 Voltios.

Este campo magnético ejerce fuerza sobre la palanca y cierra el interruptor para la corriente principal, en el ámbito automotriz se puede encontrar en el circuito para conmutar la corriente del motor de arranque, claxon, luces, etc.

### Figura 14

*Diagrama representativo de un relé*



*Nota.* Un relé consta de cuatro puntos de conexión, entrada de corriente principal, salida de corriente principal, entrada de corriente de control y salida de corriente de control. Tomado de *Introducción al análisis de circuitos* (p.470), por Boylestad, 2004, Pearson Educación.

**Tipos de relés.** Relé normalmente abierto (NO): Este tipo de relé está abierto en ausencia de tensión en la bobina.

Relé normalmente cerrado (NC): Este tipo de relé está cerrado en ausencia de tensión en la bobina.

Relé de Conmutación: Este tipo de relé cierra un circuito cuando tiene tensión y cierra otro circuito cuando no la tiene.

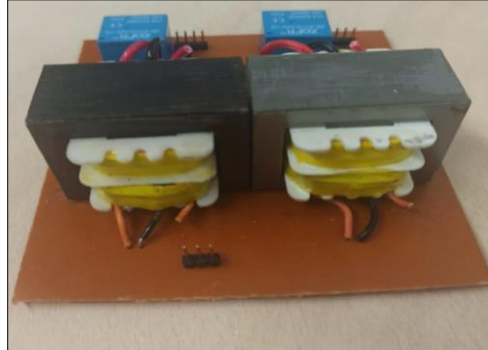
### **Transformadores**

Según (Floyd, 2007) afirma que “Un transformador básico es un dispositivo eléctrico construido a partir de dos bobinas de alambre (devanados) acopladas magnéticamente entre sí, de modo que existe inductancia mutua para la transferencia de potencia de un devanado al otro” (p. 565).

Un transformador es un dispositivo que transfiere energía de un circuito a otro mediante inducción electromagnética. La inductancia mutua, es decir, los circuitos mantienen su acoplamiento de tal modo que cualquier cambio de corriente en la primera bobina, provoca un cambio de flujo que induce un voltaje en la segunda bobina. Cuando se conecta una carga a la segunda bobina, este voltaje del secundario provoca una corriente de carga, o corriente secundaria, que a su vez crea un contra flujo que provoca el incremento de la corriente de la primera bobina en un intento de proporcionar más flujo. Esta acción, denominada acción de transformador, provoca el paso de energía del primario al secundario a través del medio del campo magnético cambiante.(Baez y Mogro, 2008, pp. 16)

**Figura 15**

*Transformador 110v AC a 12v CC*

**2.3.7. Elementos activos**

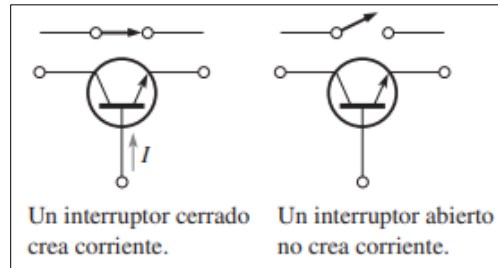
**Transistores.** Los transistores son muy utilizados en módulos de control electrónico puesto que gestionan la acción de los actuadores según órdenes de la ECU.

Según (Floyd, 2007) menciona que: Los transistores se utilizan ampliamente como interruptores en muchas aplicaciones. El transistor puede ser utilizado como el equivalente de un interruptor de vía y polo único. Se puede abrir o cerrar la trayectoria de un circuito controlando el estado del transistor. (p. 44)

Transistor bipolar: es controlado por medio de corriente. Cuando hay corriente en una terminal específica, el transistor actúa como interruptor cerrado; cuando no hay corriente en esa terminal, actúa como interruptor abierto.

## Figura 16

*Transistor bipolar.*

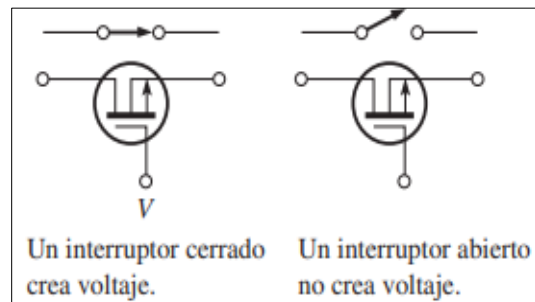


*Nota.* Tomado de *Principio de Circuito Eléctricos* (p.44), por Floyd et al., 2007, Pearson Educación.

Transistor de efecto de campo: Es controlado por voltaje. Cuando hay voltaje en una terminal específica, el transistor actúa como interruptor cerrado; cuando no hay voltaje en esa terminal, actúa como interruptor abierto.

## Figura 17

*Transistor de efecto de campo*



*Nota.* Tomado de *Principio de Circuito Eléctricos* (p.44), por Floyd, 2007, Pearson Educación.

## Diodos de unión PN.

El diodo deja circular la corriente en un solo sentido (que es el que ya sugiere su simbología). Y la principal aplicación práctica de dicha función es la

conversión de la corriente alterna (C.A.) en continua (C.C.); los circuitos que realizan esta función se denominan rectificadores. (Hermosa, 2011, pp. 200)

***Diodo de polarización inversa.***

Según Hermosa (2011) afirma que “El diodo está en polarización inversa cuando el terminal cátodo tiene polaridad positiva con respecto al terminal ánodo; en este caso, el diodo no permite el paso de la corriente, se comporta como un aislante; es como un interruptor abierto” (p. 199)

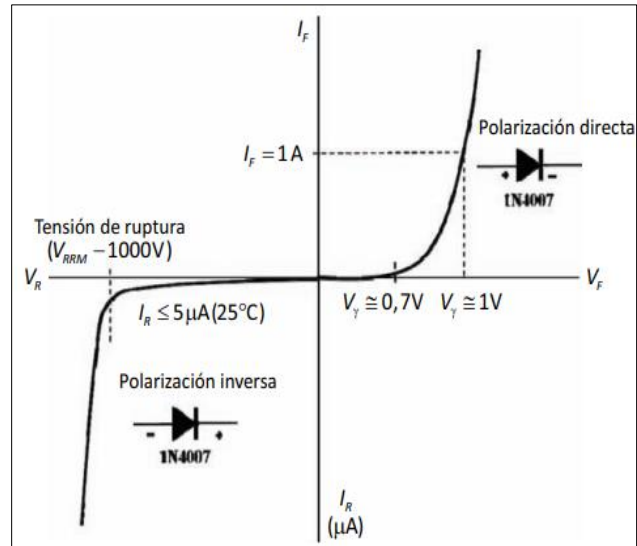
***Diodo en polarización directa.***

El diodo permite la circulación de corriente sólo cuando se encuentra polarizado en forma directa, que es cuando el terminal ánodo tiene polaridad positiva con respecto al terminal cátodo; en este caso, se dice que el diodo se comporta como un conductor, y permite la circulación de corriente por el circuito. (Hermosa, 2011, pp. 200)

Entre los terminales del diodo aparece una mínima tensión muy pequeña que se le denomina caída directa. El voltaje mínimo para que un diodo conduzca es de 0.7V y se denomina tensión umbral, este valor de voltaje aumenta de acuerdo a como aumenta la intensidad, llegando hasta el valor de 1V.

**Figura 18**

*Polarización de diodos*



*Nota.* El diodo en polarización inversa se comporta como un interruptor abierto y en polarización directa como un interruptor cerrado. Tomado de *Electrónica aplicada* (p. 201), por A. Hermosa, 2011, Marcombo.

### **2.3.8. Circuitos integrados.**

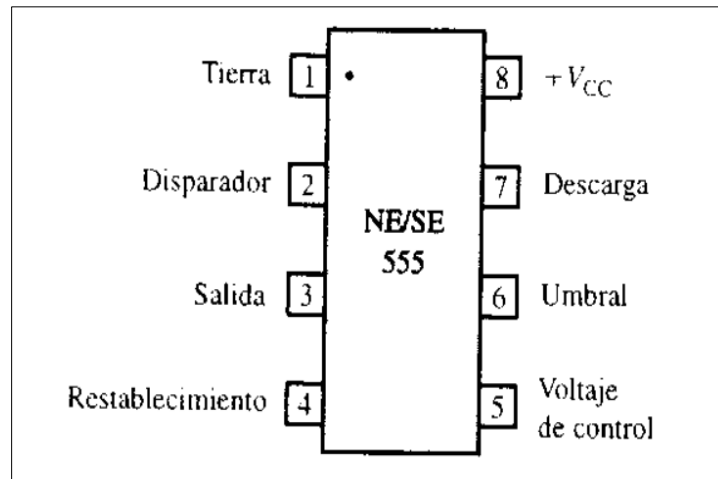
También denominados como IC los cuales son compuertas lógicas que trabajan con unos denominados como señal alta 5V o como señal baja 0 V, pueden funcionar como un microprocesador, amplificador, oscilador.

Están fabricados de silicio los cuales en su interior están compuestos por una serie de transistores, resistencias, condensadores, etc.

**Integrado 555.** Este integrado es muy utilizado en la electrónica digital, en su interior consta de transistores, resistencias, diodos, etc., el CI es un circuito que trabaja como un temporizador de forma monoestable que activa un circuito durante un periodo de tiempo determinado o astable que activa y desactiva cada cierto tiempo su señal, a una frecuencia determinada.

## Figura 19

### Pinado del Timer 555



*Nota.* Circuitos Microelectrónicos (p. 845), por Rashid, 2000, International Thomson Editores.

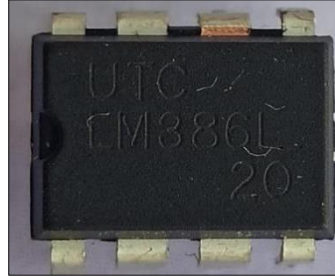
- Pin 1: Es el polo negativo o tierra del IC.
- Pin 2: Señal de entrada, da inicio al temporizado.
- Pin 3: Señal de salida.
- Pin 4: reinicio del circuito, sin no se utiliza se conecta al polo positivo.
- Pin 5: Control de Voltaje.
- Pin 6: Establece el tiempo de temporizado.
- Pin 7: Descarga de un capacitor estableciendo el tiempo de temporizado.
- Pin 8: Polo positivo del IC.

**Compuerta lógica NOT CD4069.** Un circuito inversor genera un voltaje opuesto al que se emite. El CD4069 es un circuito inversor que opera en voltajes de 3V a 12V, consta de 6 compuertas inversoras.

**Amplificador LM386.** El LM386 es un amplificador de audio de baja potencia, capaz de funcionar con una fuente de alimentación entre 4-12V

## Figura 20

*Integrado UTC LM386L*



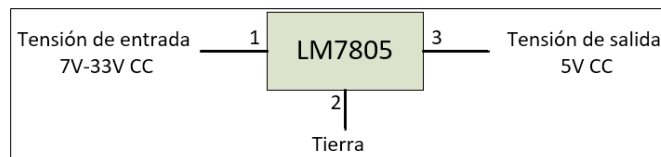
*Nota.* El amplificador LM386 consta de 8 pines

### 2.3.9. Fuente de alimentación

**Regulador de voltaje LM7805.** El LM7805 regula el voltaje de entrada 7 V a 33 V emitiendo una tensión de 5V en corriente continua.

## Figura 21

*Pines conexión LM7805*



*Nota.* Se representa los pines de conexión del regulador LM7805

## 2.4. Sensores

Son elementos que detectan estímulos externos del vehículo los cuales proporcionan información necesaria a los módulos de control electrónico, la cual evalúa constantemente dichos estímulos para enviar señales de activación a los diferentes actuadores.



### 2.4.1. Sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)

El sensor MAP obtiene información de la depresión que se genera en el múltiple de admisión, en el vacío del motor y envía una señal a la ECM para controlar los tiempos de encendido.

Consta de tres Terminales:

- Alimentación: El voltaje es de 5V.
- Tierra o masa: El voltaje oscila entre 0.03 a 0.08 V.
- Señal: Los valores de voltaje se presentan en la Tabla 4.

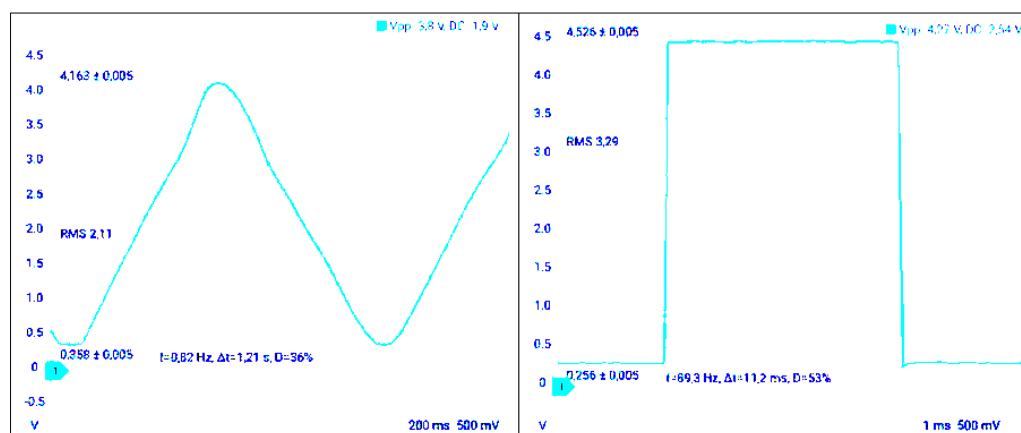
**Tabla 4**

*Voltajes de señal del sensor MAP*

Condición	Voltaje
Mariposa de aceleración cerrada	0.5V a 1.5V
Mariposa de aceleración abierta	3V a 4.5V

**Figura 22**

*Forma de onda del sensor MAP*



*Nota.* En la imagen se muestran las formas de onda del sensor MAP, analógica y digital respectivamente.

### 2.4.2. Sensor de flujo másico de aire (MAF)

El sensor MAF según, Jara (2011) afirma que “Este sensor es un módulo electrónico que envía una señal a la computadora indicando la cantidad de aire entrante al motor. Dependiendo del tipo de sensor, la señal puede ser de voltaje de corriente continua o una frecuencia” (p. 68).

- Alimentación: El voltaje es de 5V.
- Tierra o masa: El voltaje oscila entre 0.03 a 0.08 v
- Señal: El voltaje varía dependiendo de la cantidad de masa de aire ingresa al motor.

Los valores de voltaje se presentan en la Tabla 5.

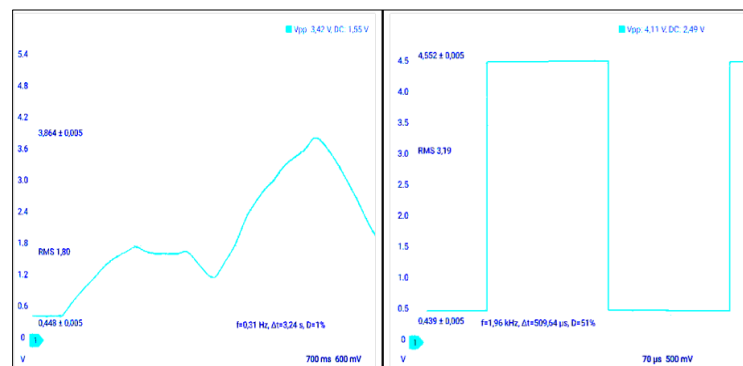
**Tabla 5**

*Voltajes de señal del sensor MAF*

Condición	Voltaje
Ralentí	1V a 1.5V
Velocidad Crucero	1.5V a 2.5V
Plena Carga	3.8V a 4.8V

**Figura 23**

*Forma de onda del sensor MAF*



*Nota.* Se presenta la forma de onda del sensor MAF analógica y digital, donde se muestran los valores de funcionamiento.

### 2.4.3. Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)

El sensor ECT según, Jara (2011) afirma que “es un componente electrónico que juega un papel muy importante en el control de emisiones contaminantes. Este sensor es utilizado por el sistema de preparación de la mezcla aire combustible, para monitorear la temperatura en el motor del automóvil” (p.56).

Consta de dos terminales: de masa y señal. Los valores de señal se presentan en la Tabla 6.

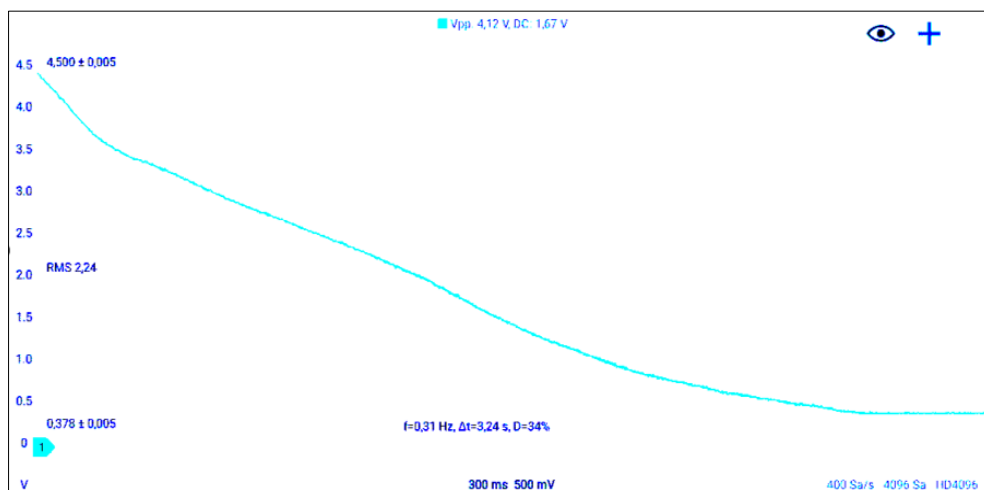
**Tabla 6**

*Voltajes de señal del sensor ECT*

Condición	Voltaje
Temperatura del motor frio	4.8Va 5.2V
Temperatura normal	0.6V a 0.3V

**Figura 24**

*Forma de onda de sensor ECT*



*Nota.* Se muestra la forma de onda del sensor ECT la cual representa la variación de temperatura del funcionamiento del motor.

#### 2.4.4. Sensor de posición de mariposa (TPS)

El sensor TPS según (Cajisaca y Pinos, 2016) señala que “Este sensor es de tipo potenciómetro. Varía si la conductividad eléctrica modifica su resistencia mediante una acción mecánica externa. Consta de tres terminales: de alimentación del sensor de 5V; de masa o tierra; y, de señal” (p.18).

Los valores de voltaje del sensor TPS se presentan en la Tabla 7.

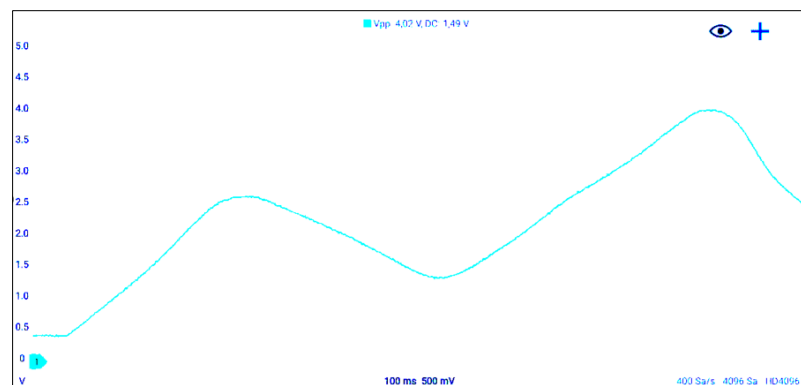
**Tabla 7**

*Voltajes de señal del sensor TPS*

Condición	Voltaje
Mariposa de aceleración cerrada	0.2V
Dependiendo de la apertura	< 5V

**Figura 25**

*Forma de onda de sensor TPS*

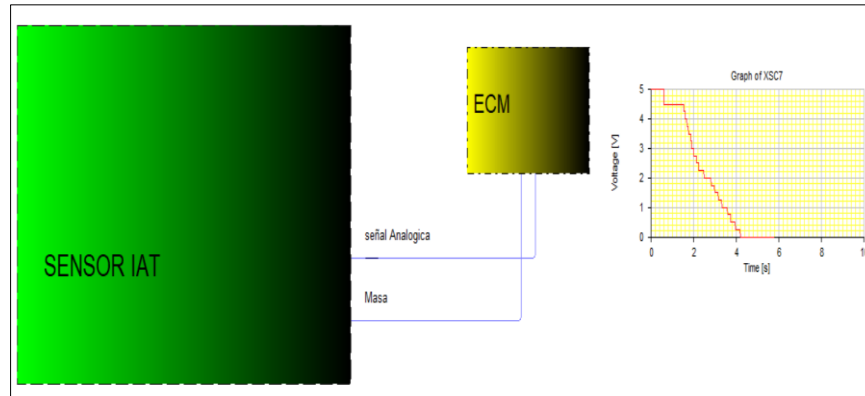


#### 2.4.5. Sensor de temperatura de entrada de aire (IAT)

Es un sensor de tipo termistor NTC que mide la temperatura del aire del conducto de admisión y envía los datos de señal a la unidad de control electrónico. Consta de dos terminales masa y señal.

## Figura 26

### Simulación sensor IAT



#### 2.4.6. Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

El sensor CKP es un dispositivo que capta la posición del cigüeñal y el régimen de giro del motor, envía información al ECM para calcular la sincronización del encendido y el pulso de los inyectores.

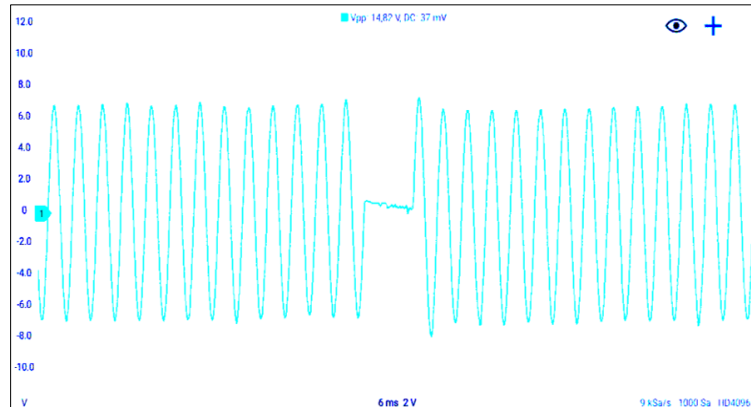
#### Tipos

**Inductivo:** Los sensores de tipo magnéticos están conformados por una bobina y un magneto es por ello que:

Utiliza el fenómeno electromagnético para producir una corriente eléctrica alterna. Al momento que la rueda dentada gira frente al imán se genera una variación de flujo magnético, el cual es máximo si frente al imán se encuentra un diente; y el mínimo, si existe un espacio. (Cajisaca y Pinos, 2016, pp. 15)

## Figura 27

### Forma de onda de sensor CKP Inductivo

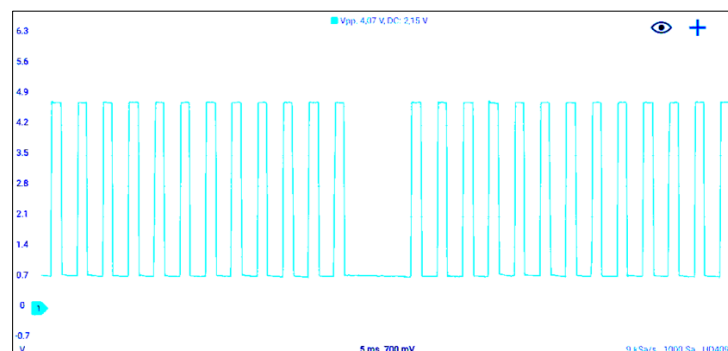


*Nota.* Señal del sensor CKP inductivo, 60 dientes menos 2.

**Efecto Hall:** Un sensor de Efecto hall al igual que un sensor magnético capta la posición de posición del giro del cigüeñal y está conformado por “un semiconductor, un imán y una pantalla obturadora. Este sensor funciona con una corriente eléctrica que fluye de manera perpendicular al campo magnético; cuando este campo no es interrumpido por la pantalla, se genera una variación de tensión” (Cajisaca y Pinos, 2016, pp. 16).

## Figura 28

### Forma de onda de sensor CKP Efecto Hall



*Nota.* Se muestran las formas de onda del sensor CKP tipo efecto hall, 60 dientes menos 2.

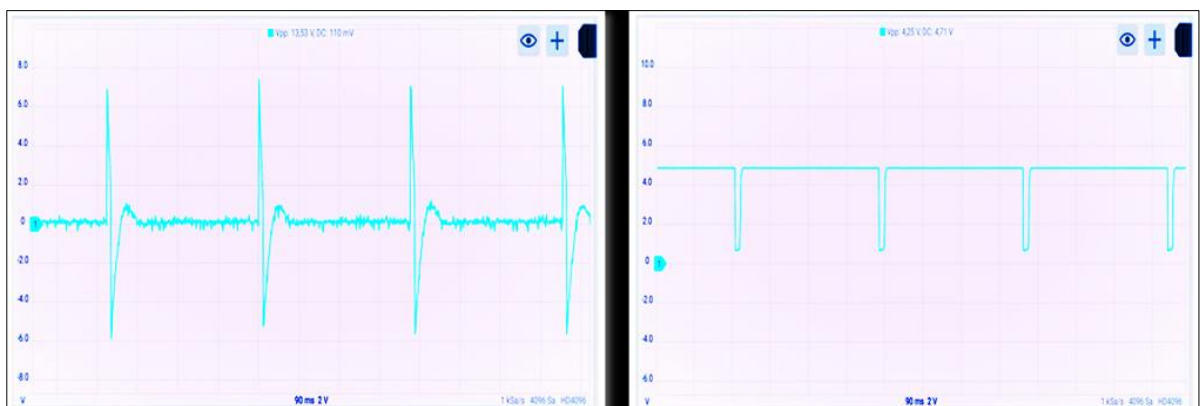
#### 2.4.7. Sensor de posición de árbol de levas (CMP)

El sensor CMP es un dispositivo que capta la posición en la que se encuentra el árbol de levas además ayuda al sensor CKP para que la unidad de control identifique la posición de las válvulas y pueda sincronizar la activación de los inyectores.

Al igual que el sensor CKP existen diferentes tipos de sensores CMP como son: Sensores de Efecto Hall y Sensores Inductivos.

#### Figura 29

*Forma de onda del sensor CMP*



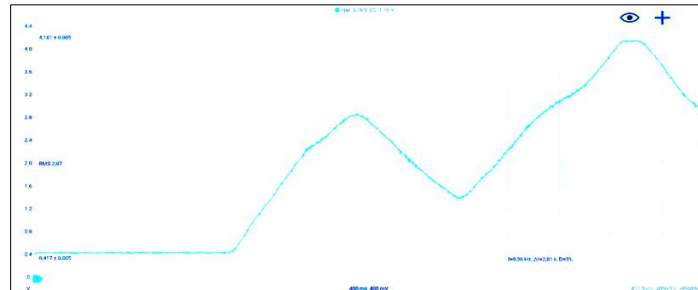
*Nota.* Representa la señal del sensor CMP inducido y efecto hall respectivamente, una señal del sensor se genera por cada dos vueltas del cigüeñal.

#### 2.4.8. Sensor de posición del pedal del acelerador (APP)

Su componente principal es un potenciómetro en el que se ajusta una tensión en función de la posición del acelerador. Con ayuda de una curva característica de sensor almacenada, la unidad de control convierte esta tensión en el recorrido relativo o posición angular del acelerador. (Bosh, 2002, pp. 32)

**Figura 30**

*Forma de onda del sensor APP*

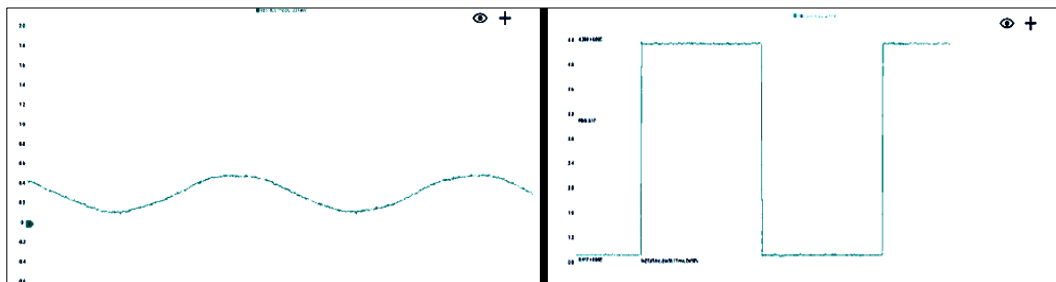


#### **2.4.9. Sensor de velocidad (VSS)**

El sensor de velocidad del vehículo es un instrumento que se encarga de informar a la unidad de control a la velocidad que se encuentra desplazando el vehículo. Básicamente el VSS capta la velocidad de rotación de un mecanismo del vehículo y reemite la señal generada por el sensor al módulo de control electrónico (ECM).

**Figura 31**

*Forma de onda del sensor de velocidad*



*Nota:* En la ilustración se representa la señal del señor VSS tanto senoidal como de efecto hall.

#### **2.4.10. Sensor de golpeteo (KS)**

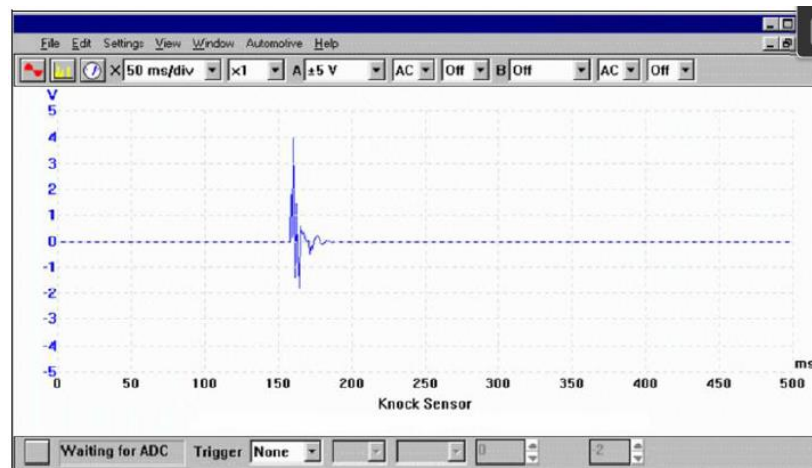
Es un sensor de tipo piezoeléctrico que detecta la detonación que se genera en la cámara de combustión, al detectar la detonación se produce una variación en



la tensión. Esta variación es enviada a la ECU, la cual mediante el procesamiento de datos corrige el encendido adelantando o retrasando hasta que se corrija y deje de producirse la señal.

### Figura 32

*Forma de onda del sensor de golpeteo.*



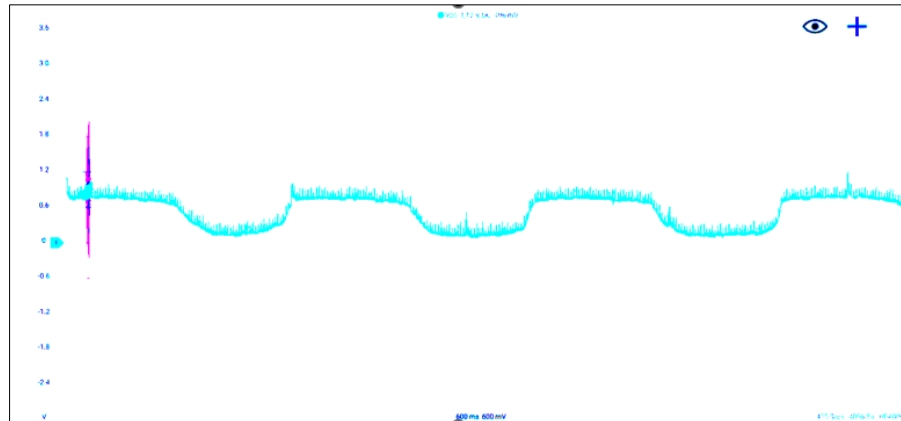
Nota: Tomado de Desarrollo de un banco emulador universal para señales de sensores automotrices resistivos, inductivos y efecto hall, e implementación para los Laboratorios de la Escuela de Ingeniería Automotriz (p. 81), por E. Jara, 2011.

#### **2.4.11. Sensor de oxígeno (HEGO)**

El sensor de Oxígeno (sensor 02) está encargado de medir el contenido de Oxígeno de los gases de escape. La habilidad de detectar Oxígeno se produce cuando este sensor genera un voltaje proporcional al contenido de oxígeno en los gases de escape. En otras palabras, si el contenido de Oxígeno es bajo, el voltaje producido es alto (0.90 voltios o mezcla rica en combustible) y si el contenido de oxígeno es alto, el voltaje es bajo (0.10 voltios o mezcla pobre en combustible). Aunque el sensor 02 debe teóricamente ciclar entre 0.00 voltio y 1.00 voltio, en práctica el ciclo es de entre 0.10 voltios y 0.90 voltios. (Concepcion, 2011, pp. 8)

### Figura 33

*Forma de onda del sensor HEGO*



## 2.5. Actuadores

Son elementos capaces de generar una fuerza, a partir de líquidos, de energía eléctrica o energía gaseosa, por medio de ellos la unidad de control electrónico puede gestionar el comportamiento del motor para que se ajuste a las condiciones óptimas de funcionamiento. (Orozco, 2006, pp.177-180).

### 2.5.1. Inyector

La ECU controla los inyectores por separado conectándose a tierra en el orden 1-3-4-2 cuando las válvulas de admisión son cerradas. La cantidad de combustible inyectado depende del tiempo de la abertura del inyector (llamado tiempo de inyección). Los pulsos de inyección provienen de la ECU provocando un campo magnético en el bobinado del electroimán, el núcleo es atraído lo que provoca que la aguja se desplace de su asiento dejando pasar un chorro pulverizado. (Baez y Mogro, 2008, pp. 112)

### Figura 34

*Forma de onda de los inyectores*



*Nota:* El inyector se encuentra alimentando directamente con los 12 voltios de la batería, cuando la ECM conmuta a masa este entra en funcionamiento sufriendo una caída de voltaje durante el tiempo de inyección, una vez culminado este proceso el inyector tiene una subida de voltaje que aproxima a los 60 Voltios regresado a su posición inicial.

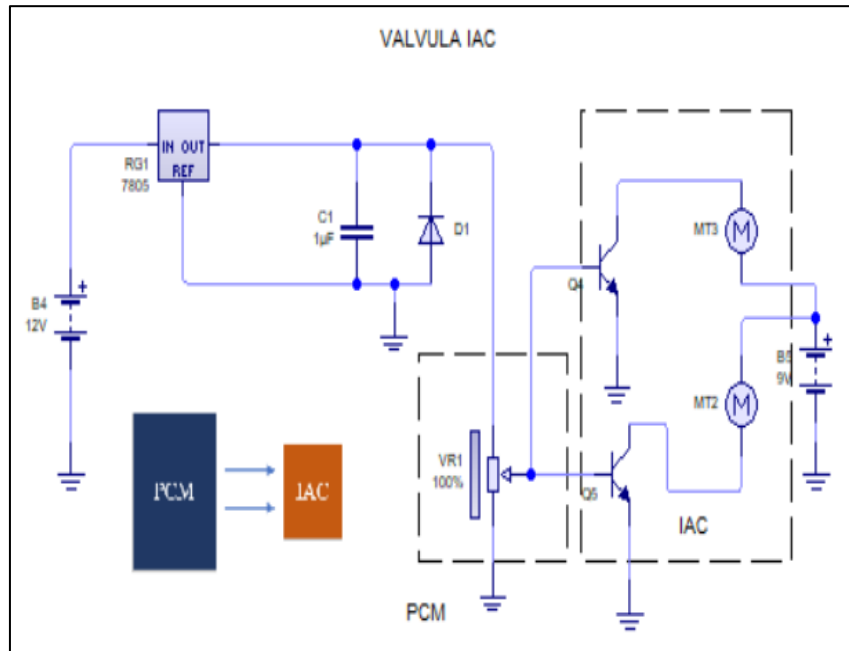
### **2.5.2. Válvula reguladora de ralenti (IAC)**

La válvula IAC (idle Air Control) se encuentra ensamblada directamente en el múltiple de admisión, en conjunto con el cuerpo de estrangulación, la cual se encarga de proporcionar aire necesario al sistema para el funcionamiento del motor en marcha lenta, está gestionada por un tornillo sin fin y un motor paso a paso con el fin de tener mayor precisión en el desplazamiento del vástago.

Los motores paso a paso son comandados por un circuito electrónico perteneciente a la ECU y su accionamiento es producido por pulsos positivos de forma rectangular que son aplicados a sus bobinas en una secuencia determinada, para que su vástago se extienda y en una secuencia inversa para que éste se retraiga. (Laica, 2012, pp. 67)

**Figura 35**

*Simulación electrónica de la IAC*



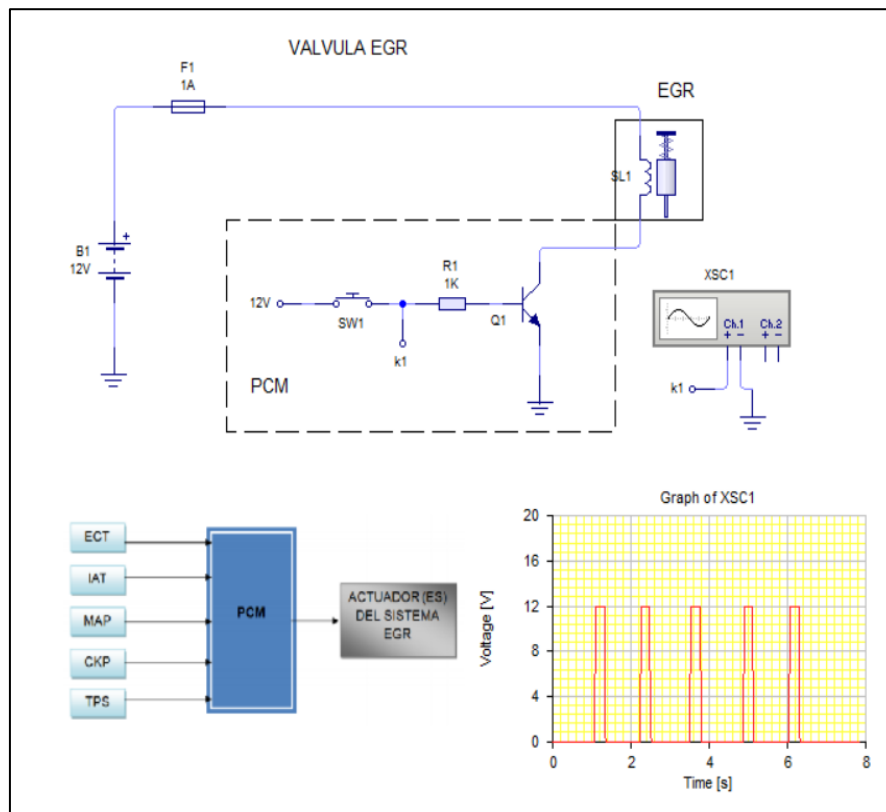
La activación y posición de la válvula IAC es controlado por PWM, mediante la Unidad de control electrónico de acuerdo a las condiciones de operación del motor como son: Voltaje del acumulador, velocidad del vehículo, temperatura, PRM y carga del motor.

### **2.5.3. Válvula de recirculación de gases de escape (EGR)**

La apertura o cierre de la EGR es gestionada mediante la unidad de control electrónico, la válvula permite el paso de los gases de escape al colector de admisión los cuales recirculan hacia las cámaras de combustión mediante un temporizador, con el fin de tener un porcentaje menos de emisiones de NOx.

**Figura 36**

*Simulación electrónica de la EGR*



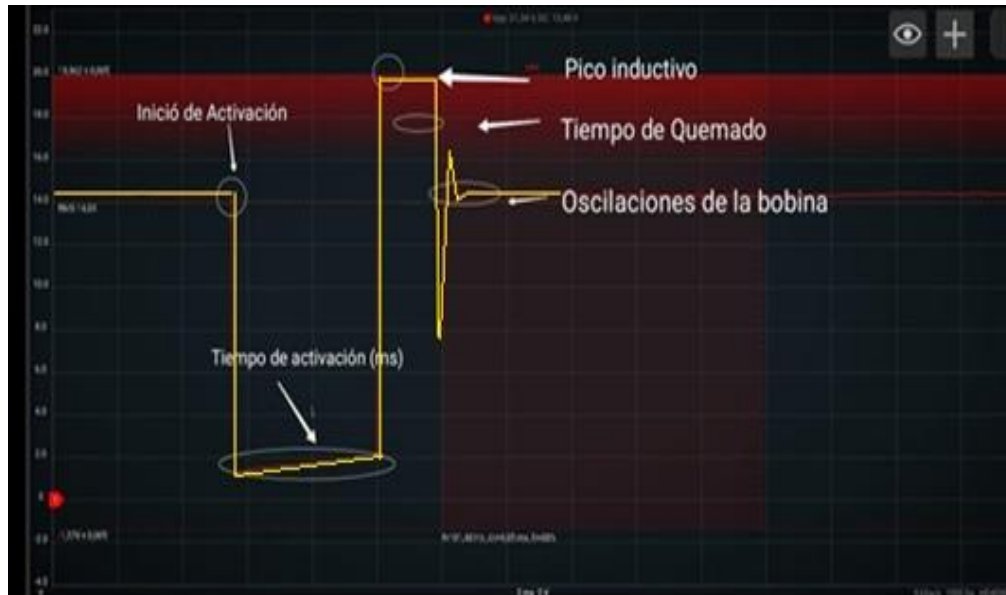
*Nota:* La señal que genera la válvula EGR es de forma cuadrada debido al control de masa gestionado por la computadora.

#### 2.5.4. Bobinas de encendido

Las bobinas en conjunto con el sistema de encendido electrónico, tiene la función de producir la chispa con potencia suficiente para realizar una buena combustión. En los sistemas de encendido comandados directamente por la ECU se distingue un sistema principal y q es el más utilizado, el sistema DIS (Direct Ignition System), del cual se derivan otros sistemas que resultan en la evolución del primero como el sistema COP (Coil on Plug), los cuales son sistemas en los que se elimina completamente el distribuidor y se ejecuta el encendido a través de sensores la ECU y las bobinas de encendido. (Laica, 2012, pp. 60)

**Figura 37**

*Forma de onda de las bobinas*



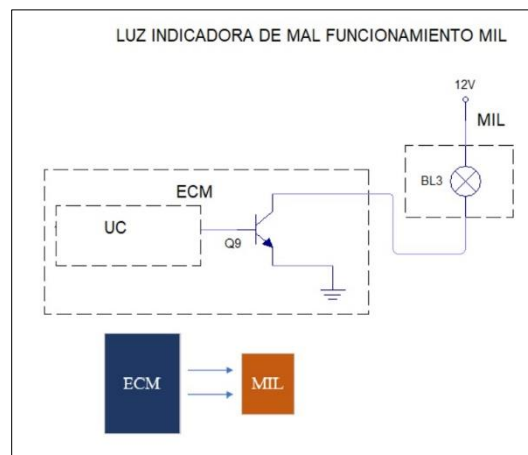
*Nota:* El sector A se aprecia el voltaje positivo de alimentación, según (Laica, 2012, p. 40) menciona que: El pulso a masa en el primario de la bobina (sector B), es el conocido ángulo DWELL, este tiempo que demora la masa en el primario de la bobina logra saturar el devanado primario y una vez que la ECU, suelta esta masa se genera la inducción al circuito secundario.

### **2.5.5. Luz indicadora de mal funcionamiento (MIL)**

Es una luz de advertencia ubicada en el tablero del habitáculo en forma de un motor, la cual proporciona información al conductor sobre fallas presentes en el auto, esta permanece encendida cuando la ECU detecta un error de funcionamiento o cuando el vehículo se encuentra en monitoreo bajo scanner.

**Figura 38**

*Simulación electrónica MIL*

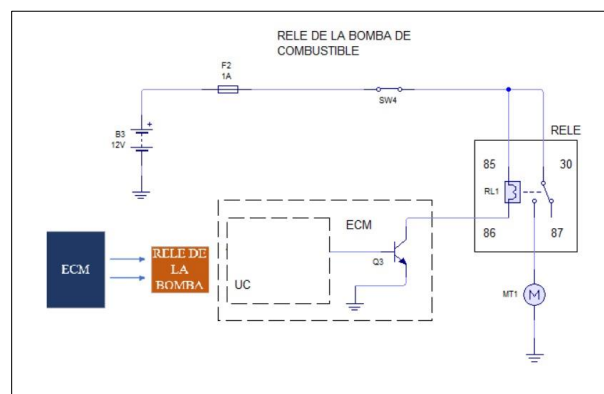


### Relé de la bomba de combustible

Interruptor el cual se encarga de mantener alimentado al circuito de la bomba de alimentación para que esta envíe la cantidad necesaria de combustible a los inyectores en el tiempo de arranque, este entra en funcionamiento cuando es accionado el interruptor de encendido.

### Figura 39

*Simulación electrónica del relé de la bomba*



*Nota:* El relé de la bomba se activa por 3 segundos al entrar en funcionamiento el vehículo.

## Capítulo III

### 3. Diseño y construcción del banco de pruebas

#### 3.1. Descripción general del proyecto

El banco de pruebas es un equipo que permite simular parámetros de operación del vehículo, es decir simula electrónicamente las señales de los principales sensores que son enviadas a los Módulos de Control Electrónico los cuales procesan esta información y gestionará la acción de los actuadores, cuenta con una fuente de alimentación de 12V y 2000 mA y con un regulador de voltaje a 5V para alimentar directamente a los sensores simulados.

El equipo dispone de una pantalla táctil ILI9486 conectado directamente a la placa de Arduino Mega la cual controla mediante interruptores los tipos de señales de salida del banco, digitales o analógicas, cuenta con potenciómetros que permiten variar los parámetros de funcionamiento como frecuencia, ancho de pulso, voltaje, capaz de simular las condición de funcionamiento de un vehículo, del mismo modo este banco consta de tomas de tierra y alimentación de 12V y 5V las cuales se utilizan para alimentar a los ECM necesario para su funcionamiento operacional, en la parte superior se encuentra un medidor digital de voltaje y amperaje que lee y proporciona información al usuario de la intensidad total del banco conjuntamente su amperaje.

El banco cuenta con indicadores de funcionamiento (leds), que permiten visualizar la activación de inyectores, bobinas, válvulas de control, relé de la bomba de combustible, relé del ventilador facilitando la comprobación de forma visual, del mismo modo incorpora tomas de medición (conectores tipo banana) que facilitan la lectura de las señales a través de un osciloscopio, posee un conector OBDII para el diagnóstico mediante un scanner Automotriz.



Las señales de los diferentes sensores y actuadores son enviadas directamente a los conectores DB25, que permitirá la comunicación entre el banco y los módulos de control electrónico por medio de líneas de conexión.

El banco de pruebas facilita el diagnóstico de los ECM reduciendo el tiempo de detección de averías, está diseñado para brindar comodidad y facilitar el bloqueo de las computadoras, además de hacer un equipo de fácil uso es compacto y ligero permitiendo trasladar de un lugar a otro sin dificultad.

Las funciones que cumple el banco de diagnóstico son:

- Alimentar a los Módulos de control electrónico con una tensión de 12V en corriente continua.
- Proporcionar información del voltaje de operación del banco y el consumo total de corriente.
- Gestionar los tipos de señales de salida, digital o analógica por medio de una interfaz de control.
- Controlar los parámetros de funcionamiento de los sensores modificando valores de frecuencia, voltaje y PWM.
- Generar una señal digital que permita variar la frecuencia y el ancho de pulso disponibles para cualquier uso.
- Visualizar el funcionamiento de los actuadores por medio de indicadores leds de acuerdo a la gestión de la computadora Automotriz.
- Diagnosticar mediante un Scanner Automotriz las averías de los diferentes ECM.

### **3.1.1. Especificaciones de Requerimiento**

- Requiere una fuente de alimentación de 12V.
- Requiere líneas de conexión entre el banco y la computadora automotriz.

- Demanda de una interfaz de control.
- Disposición de plus tipo banana para posibilitar las mediciones de señales de sensores y actuadores mediante el uso de un osciloscopio.
- Demanda del manual técnico de operación y funcionamiento del equipo.
- Capacidad de comunicación entre la ECM y el scanner mediante el conector OBDII.

### 3.2. Propuesta de diseño de diagrama de bloques del banco.

Se detalla un diagrama de bloques de la propuesta donde se observa las líneas del proceso de funcionamiento del banco de pruebas para diagnóstico y reparación de módulos de control electrónico, estableciendo cuatro grupos esenciales en su construcción como: alimentación, control y salida de señales simuladas de sensores del banco, entradas de señales de ejecución al banco y comunicación entre el banco y ECMs.

**Figura 40**

*Aproximación de diagrama de bloques*

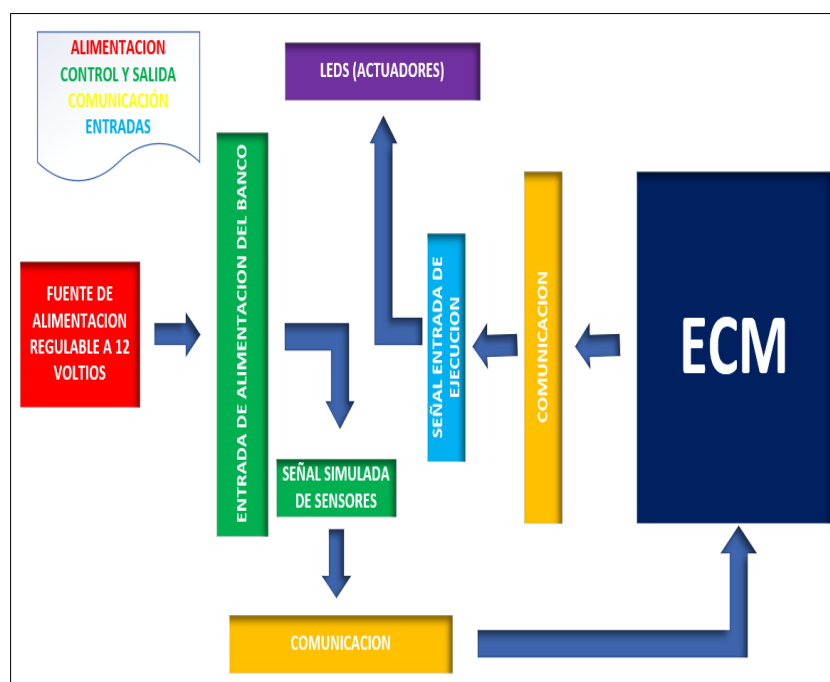
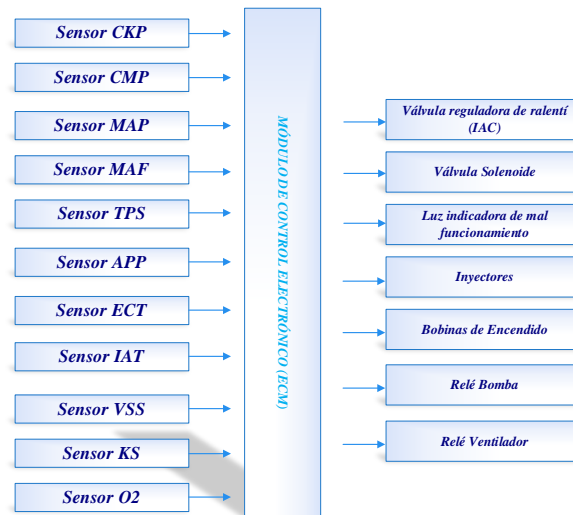


Figura 41

Esquema de bloques de la propuesta

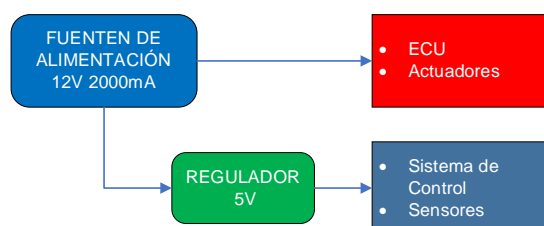


### 3.2.1. Sistema de Alimentación.

El banco cuenta con una fuente de alimentación de 12V en CC que alimenta a la computadora y a los Actuadores además posee un regulador de 5V que permite la alimentación del sistema de control del banco.

Figura 42

Diagrama de bloques sistema de Alimentación

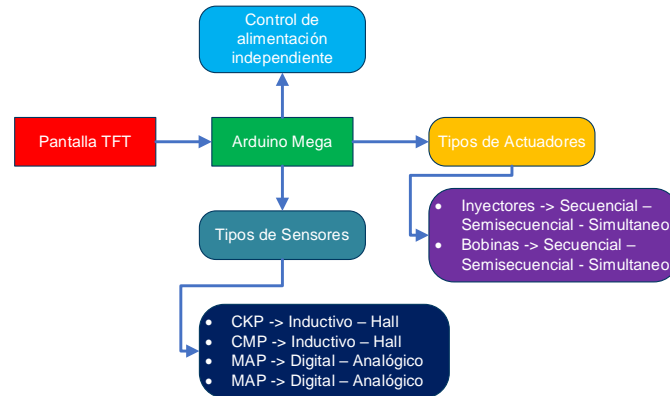


### 3.2.2. Sistema de Control.

Gestionado por una interfaz mediante una pantalla táctil la cual ordena a la tarjeta Arduino Mega permitiendo seleccionar en sensores el tipo de señal analógica o digital y en actuadores el tipo de inyección para una mejor visualización de funcionamiento.

**Figura 43**

*Diagrama de bloques sistema de Control*

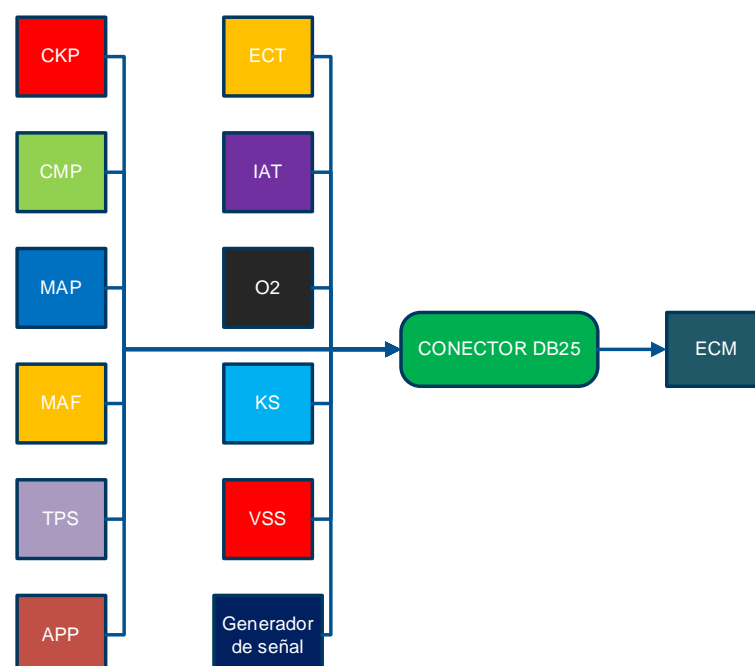


### 3.2.3. Señales de salida del Banco.

El banco genera señales digitales y analógicas que varían sus parámetros de funcionamiento de acuerdo a la manipulación de potenciómetros simulando las condiciones de operación de un vehículo, enviando las señales a la ECM por medio del puerto de salida DB25 en conjunto con sus líneas de conexión.

**Figura 44**

*Diagrama de bloques señales de salida*

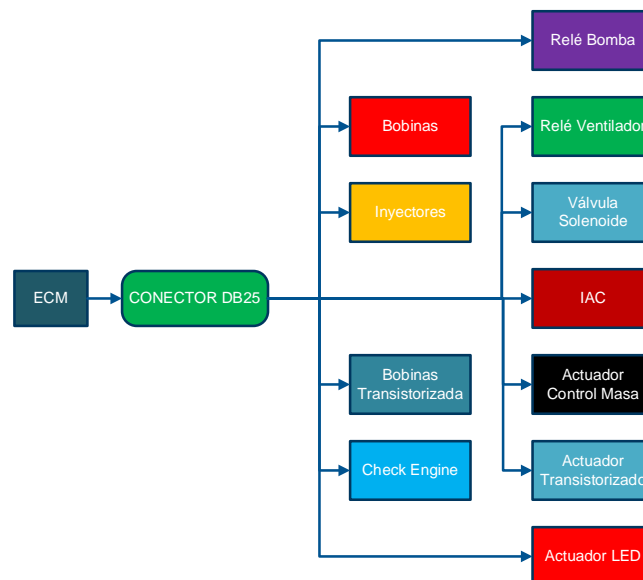


### 3.2.4. Señales de entrada al Banco desde los ECM.

La placa electrónica que simula los actuadores posee relés, transistores, resistencias que reciben las señales procedentes de la ECU polarizando estos componentes eléctricos permitiendo visualizar su funcionamiento a través de indicadores leds.

**Figura 45**

*Diagrama de bloques señales de entrada*

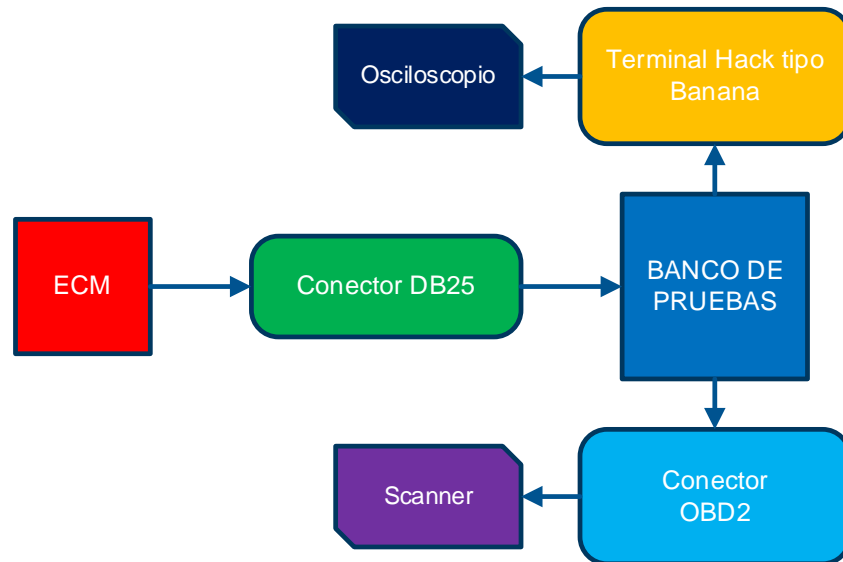


### 3.2.5. Sistema de comunicación entre el Banco y ECM.

Para que exista una comunicación entre la ECM y el banco de pruebas es necesario la utilización de conectores DB25 que permita la interacción de datos entre sí, para realizar una fácil medición y comprobación de funcionamiento de señales de entrada y salida se incorpora terminales tipo banana que posibilitan la lectura por medio del osciloscopio, por ende, también es necesario un protocolo de comunicación entre la computadora y el scanner por lo cual se incorporó un conector OBDII.

**Figura 46**

*Diagrama de bloques sistema de comunicación*



### 3.3. Diseño y elaboración de placas Electrónicas

En el diseño de las placas electrónicas se utilizó el software Livewire para simular y verificar el funcionamiento de cada uno de los circuitos electrónicos, posteriormente se elaboró el circuito PCB para fabricar la placa física mediante el uso del programa PCB WIZARD.

#### 3.3.1. Diseño de circuitos en Livewire

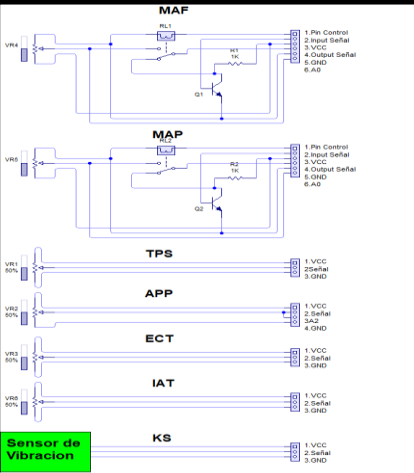
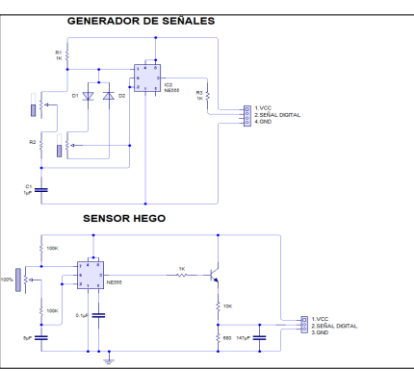
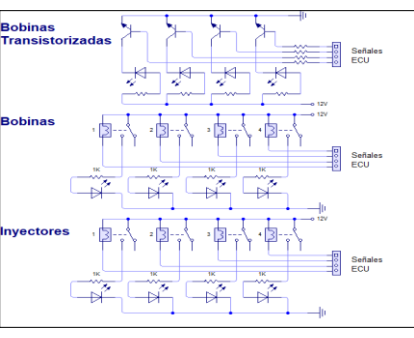
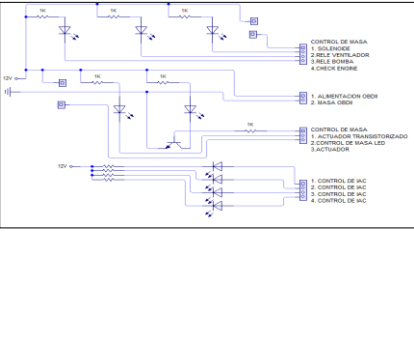
Para el diseño y verificación de las placas electrónicas se utilizó el software Livewire el cual es una herramienta que permite simular circuitos electrónicos digitales y analógicos, posee librerías con componentes tales como fuentes de alimentación, resistencias, diodos, capacitores, transistores, circuitos integrados etc. Además, cuenta con herramientas de medición que permite comprobar voltajes, amperajes, formas de onda.

A continuación, se describe el diseño de las placas electrónicas:

**Tabla 8**

*Elaboración de los diseños de los circuitos eléctricos.*

Circuito	Descripción	Gráfico
Circuito de Alimentación	El circuito convierte el voltaje entrada de 12V a 5V, para lo cual se utiliza el regulador de tensión LM7805 que soporta voltajes de entrada de 7V a 33V.	
Circuito de Control	Este circuito es el encargado de suministrar un voltaje de alimentación de 5V a cada uno de los sensores de forma independiente, dependiendo de las condiciones en las que se requiera, además tiene líneas de conexión entre el Arduino Mega y los sensores.	
Circuito de sensores CKP Y CMP	El circuito amplifica y transforma una señal de audio generando señales de salida CKP y CMP de tipo inductivo y de tipo efecto hall	
Circuito generador de audio	Es un circuito que incorpora un reproductor de audio que genera señales sincronizadas CKP y CMP y consta de un amplificador operacional LM386	

Circuito	Descripción	Gráfico
<p>Circuito sensores MAP, MAF, TPS, APP, ECT, IAT, KS.</p>	<p>Este circuito posee líneas de conexión entre la simulación de sensores mediante potenciómetros y la conmutación de salidas de señal analógica o digital,</p>	
<p>Circuito O2 y Generador de Señal</p>	<p>EL circuito simula la señal se salida del sensor O2, además cuenta con un circuito que genera una señal digital capaz de modificar su frecuencia y ancho de pulso.</p>	
<p>Circuito de Inyectores, bobinas</p>	<p>Este circuito simula actuadores como bobinas, bobinas transistorizadas e inyectores mediante relés y dispone de diodos led para una mejor visualización de la activación de cada uno de ellos.</p>	
<p>Circuitos actuadores</p>	<p>El circuito simula los actuadores e indicadores tales como: Check Engine, relé de la bomba de combustible, relé del ventilador, válvula IAC, válvula solenoide, además se compone de actuadores de libre uso como un actuador LED de control de masa, actuador transistorizado.</p>	



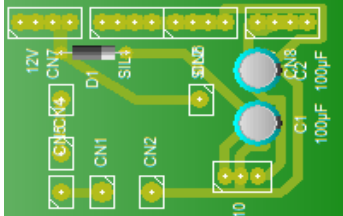
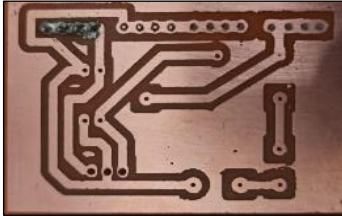
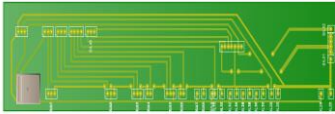
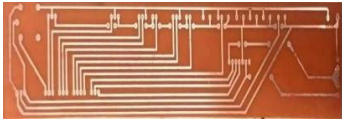
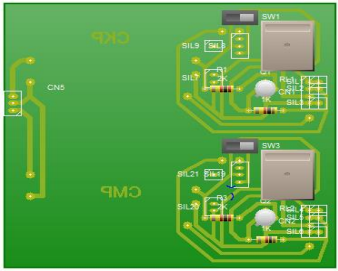
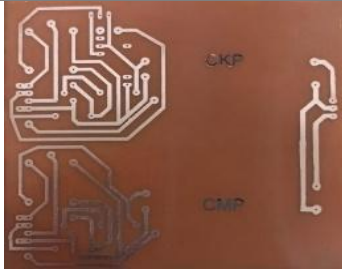
### 3.3.2. Elaboración de Circuitos Impresos

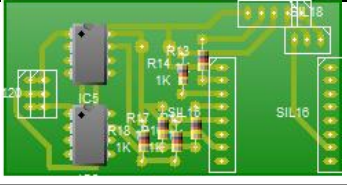
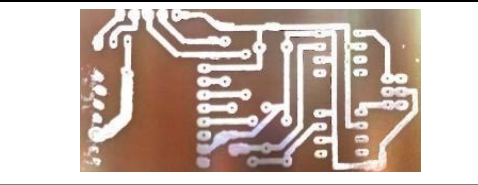
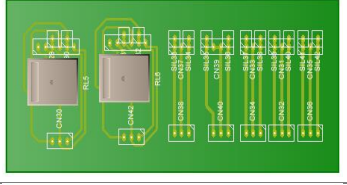

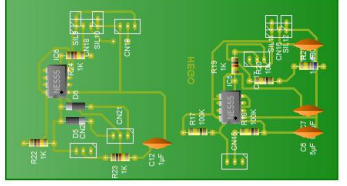
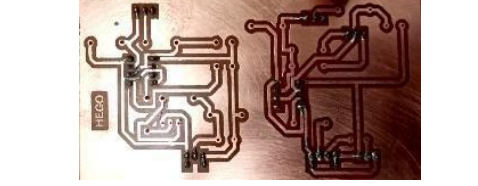
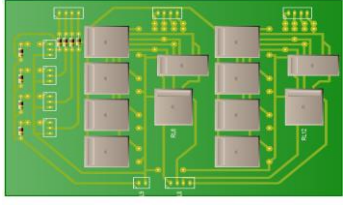
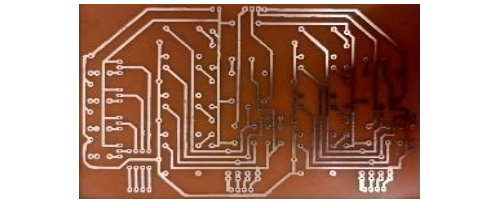
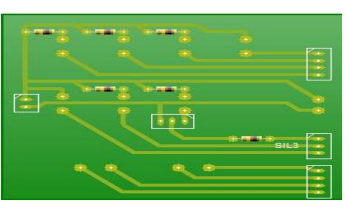
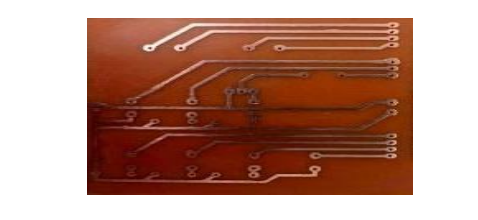
La elaboración de placas para los circuitos se desarrolla mediante el uso del programa PCB Wizard al exportar los circuitos desde Livewire, una vez exportados los archivos se generan automáticamente las pistas facilitando la producción de estas placas. Las pistas generadas son impresas en papel fotográfico que facilita el traspaso del circuito a placa de cobre (baquelita) por el método de planchado que consiste en calentar la superficie impregnando las pistas.

PCB Wizard es un software que permite el diseño, esquematización y producción de placas electrónicas, cuenta con una amplia librería de componentes eléctricos y electrónicos.

**Tabla 9**

*Diseño esquemático y elaboración de circuitos impresos.*

Circuito	Diseño Esquemático	Placa Elaboradas
Circuito De Alimentación		
Circuito de Control		
Circuito de sensores CKP Y CMP		

Circuito	Diseño Esquemático	Placa Elaboradas
Circuito generador de audio		
Circuito sensores MAP, MAF, TPS, APP, ECT, IAT, KS.		
Circuito O2 y Generador de Señal		
Circuito de Inyectores, bobinas		
Circuitos actuadores		



### 3.3.3. Montaje de placas electrónicas

El montaje de los componentes eléctricos a las placas se inicia realizando perforaciones con un taladro de mano, se realiza una limpieza de la superficie de la baquelita para evitar contacto entre sus pistas, posteriormente se suelda cada componente eléctrico de acuerdo al diseño preelaborado con la utilización de un cautín de 30W, pomada y estaño, este proceso se desarrolla realizando pruebas consecutivas de funcionamiento de cada una de las placas.

Tabla 10

Montaje y componentes eléctricos.

Circuito	Placa	Componentes Eléctricos
Circuito De Alimentación		<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Fusible 2<sup>a</sup></li> <li>1 Condensador 220uf</li> <li>1 Condensador 47uf</li> <li>1 Regulador LM7805</li> <li>1 Diodo Rectificador</li> <li>1 Espadines</li> </ul>
Circuito de Control		<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Relé 5V</li> <li>2 Espadines</li> <li>1 AD9833</li> </ul>
Circuito de sensores CKP Y CMP		<ul style="list-style-type: none"> <li>2 Transformadores 110V - 12V de 300mA</li> <li>2 Integrados CD4069</li> <li>2 Interruptores de dos posiciones</li> <li>2 Transistores NPN</li> <li>2 Resistencias 2k</li> <li>2 Resistencias 1K</li> </ul>
circuito generador de audio		<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Reproductor de Audio DFPlayer mini</li> <li>2 Resistencias 1K</li> <li>2 LM386</li> <li>1 Condensador 220uf</li> </ul>
Circuito sensores MAP, MAF, TPS, APP, ECT, IAT, KS.		<ul style="list-style-type: none"> <li>2 Reles 5V</li> <li>2 Transistores NPN</li> <li>10 Resistencias de 100Ω</li> <li>4 Resistencias 200Ω</li> <li>2 Resistencias 1K</li> <li>2 Espadines</li> </ul>
Circuito O2 y Generador de Señal		<ul style="list-style-type: none"> <li>2 Timer 555</li> <li>1 Condensador 1uf</li> <li>1 Condensador 5uf</li> <li>1 Condensador 100nf</li> <li>4 Resistencias 1K</li> <li>2 Resistencias 100K</li> <li>1 Resistencia 1K</li> <li>2 Diodos Rectificadores</li> </ul>

Circuito	Placa	Componentes Eléctricos
Circuito de Inyectores, bobinas		8 Relés 9V 2 Relés doble contacto 5V 2 Relés 5V 4 Resistencias 1K 1 Espadín 4 Transistores NPN
Circuitos actuadores		2 Espadines 6 Resistencias 1K 1 Transistor NPN

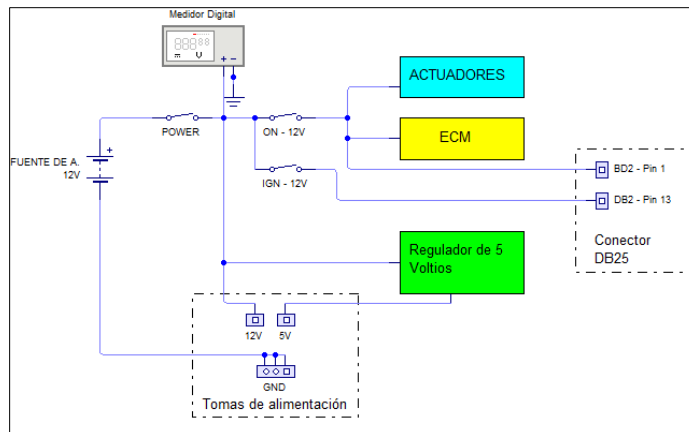
### 3.4. Circuitos de conexión

#### 3.4.1. Circuito de alimentación

El equipo es alimentado con una fuente de alimentación de Corriente Continua 12V 2000mA, suficiente para abastecer voltaje al banco de pruebas y al Módulo de Control Electrónico (ECM),

**Figura 47**

*Circuito de conexión del sistema de alimentación del Equipo*



Para controlar el paso de corriente se implementó interruptores tales como: POWER controla la alimentación hacia todo el equipo, ON – 12V Alimenta a todo el circuito de actuadores y al Módulo de Control Electrónico, ON – IGN Simula la posición de Ignición suministrando 12V.

### Figura 48

*Mandos de control de paso de corriente*



El banco se compone de tomas de alimentación externas de 12V y 5V disponibles para cualquier uso Figura 49.

### Figura 49

*Tomas de alimentación desde el banco.*



*Nota.* El banco dispone de tomas de alimentación de 12V y 5V ubicadas en lugares de fácil acceso, además cuenta con conectores GND necesarios para medición.

Un medidor digital de voltaje y amperaje mide el voltaje de entrada de la fuente de alimentación y la intensidad total de corriente que consume el equipo.

**Figura 50**

*Medidor de voltaje.*



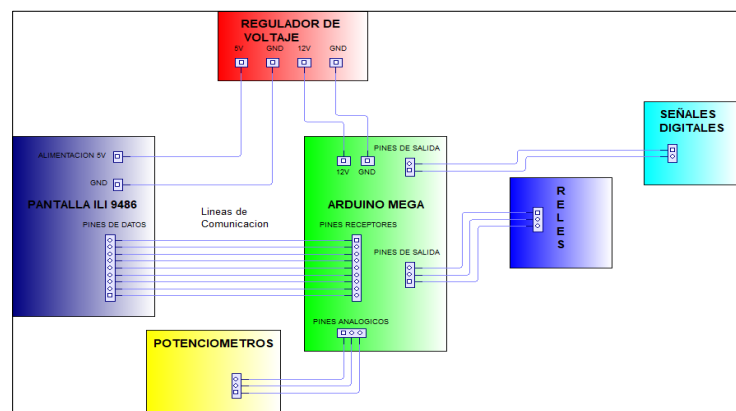
*Nota:* El voltaje de alimentación siempre va a ser de 12V, el amperaje va a variar dependiendo del consumo del banco y la ECM.

### **3.4.2. Circuito de Control**

Consta de una pantalla táctil ILI9486 la cual mediante su interface gestiona las funciones del banco por medio de la placa Arduino Mega, gracias a las líneas de comunicación estos dos elementos se encuentran constantemente transfiriendo información, cada componente se alimenta independientemente de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante, pantalla TFT (5V) y tarjeta Arduino (12V) la cual consta de un sin números de pines analógicos y digitales permitiendo la lectura de potenciómetros y la activación de relés, leds, etc.

**Figura 51**

*Circuitos de control*



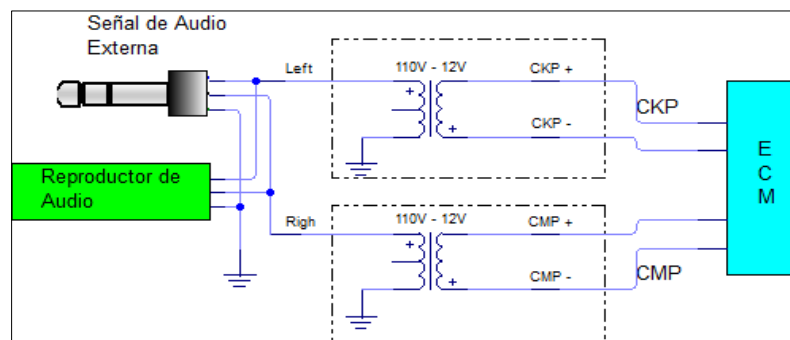
### 3.4.3. Circuito conexión de Sensores

#### Sensor CKP y CMP

Existen dos tipos de sensores CKP y CMP tales como Inductivos y de efecto hall, para el sensor de posición del cigüeñal y el sensor de posición de árbol de levas de tipo inductivo la señal se simula mediante un audio en formato WAV o MP3 que genera dos señales sincronizadas Figura 58 . Las señales pasan a través de un transformador de 8 ohmios amplificando y enviando directamente hacia la ECM.

#### Figura 52

*Circuito de conexión del sensor CKP y CMP tipo inductivo*



El audio puede ser generado de dos formas mediante un reproductor de audio externo para lo cual se incorpora un conector Jack de entrada.

#### Figura 53

*Jack de entrada de audio CKP y CMP*

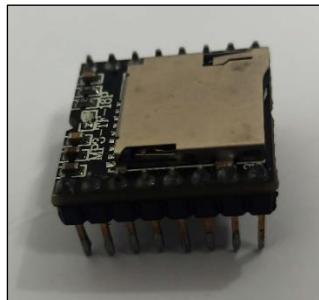


*Nota.* El Jack de entrada de audio va a ir conectado mediante un cable hacia una laptop, al celular o cualquier dispositivo que genere audio.

Otra forma de generar la señal de audio es mediante un reproductor de audio en este caso el DF Player Mini, que reproduce audios de tipos WAV y MP3

### Figura 54

*Reproductor de Audio DFPlayer mini MP3*

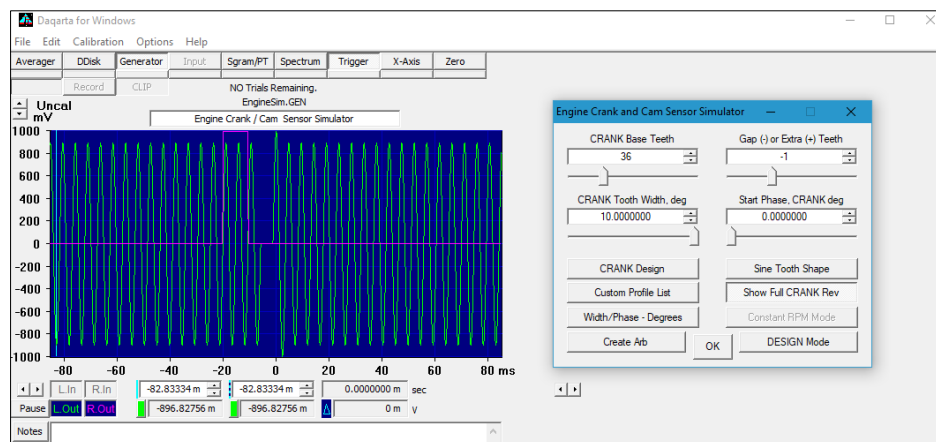


*Nota.* El Reproductor de audio DFPlayer mini es controlado mediante Arduino Mega por líneas de conexión TX y RX.

Mediante el uso del Programa Daqarta se generan los Archivos de audio modificando parámetros como el número de dientes de la rueda fónica, el ancho de diente y los dientes faltantes.

### Figura 55

*Programa Daqarta Generador de archivos de audio*



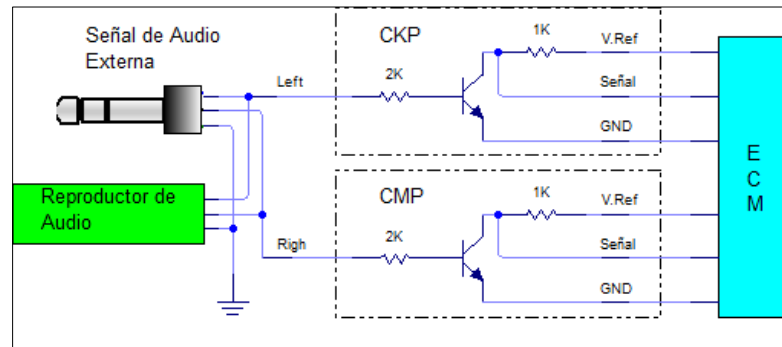
Otro tipo de sensor CKP y CMP es de efecto hall, para simular la señal de este tipo de sensor se ocupa un transistor que convierte la señal analógica



proveniente del audio en una señal digital.

### Figura 56

*Circuito de conexión del sensor CKP y CMP de efecto Hall*



Las conexiones para las tomas de medición de los sensores CKP y CMP de tipo inductivo y efecto Hall se presentan a continuación.

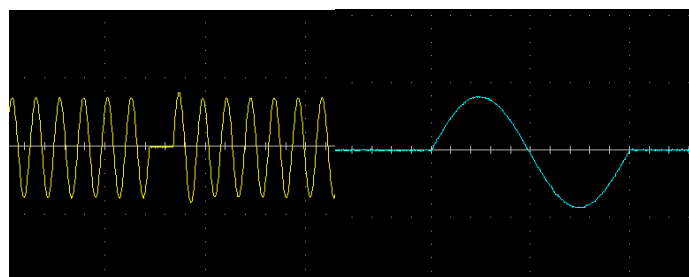
### Figura 57

*Tomas de medición de los sensores CKP y CMP*



### Figura 58

*Forma de señal de los sensores CKP y CMP de tipo inductivo*

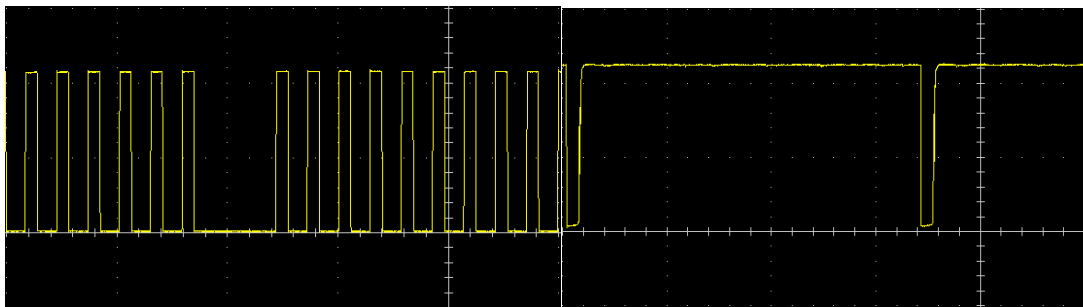


*Nota.* El gráfico representa las señales de los sensores CKP y CMP de tipo inductivo respectivamente, la señal del sensor CKP muestra la forma de onda que se genera al

pasar por los dientes de la rueda fónica y los dientes faltantes mostrando el punto muerto superior, ambas señales están sincronizadas es decir por cada dos vueltas del cigüeñal se va a generar una señal en el sensor de árbol de levas.

### Figura 59

*Forma de señal de los sensores CKP y CMP de efecto Hall*



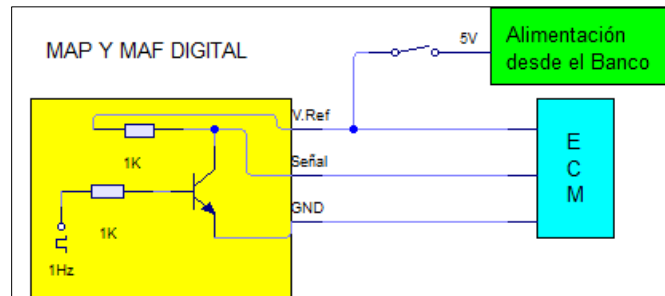
*Nota.* El gráfico representa las señales de los sensores CKP y CMP de efecto Hall respectivamente, la señal del sensor CKP muestra la forma de onda que se genera al pasar por los dientes de la rueda fónica y los dientes faltantes mostrando el punto muerto superior.

### **Sensor MAP Y MAF**

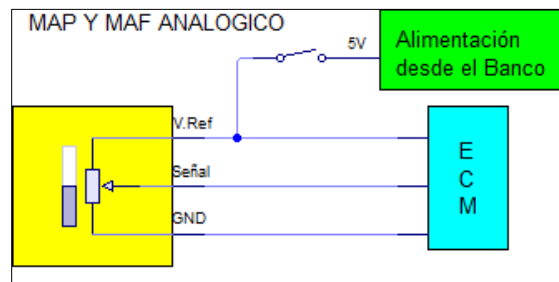
El sensor MAP Y MAF se puede presentar tanto analógico como digital, poseen tres cables de conexión, Voltaje de referencia 5V, voltaje de señal y GND, los cuales van conectados directamente a la ECM, está diseñado para ser alimentado independientemente desde el banco o desde la computadora según sea la disposición del usuario.

**Figura 60**

*Circuito de conexión de los sensores MAP y MAF digitales*

**Figura 61**

*Circuito de conexión de los sensores MAP y MAF analógicos*



A continuación, se da a conocer el diseño físico de los sensores MAP y MAF, donde se puede variar la señal analógica, así como la frecuencia de la señal tipo Hall por medio de los potenciómetros incorporados, mediante el comando de la TFT el operador del equipo puede seleccionar el tipo de señal que necesita de cada sensor encendiendo el indicador funcionamiento (led Amarillo), para verificar que el sensor se encuentra habilitado se encenderá el indicador azul.

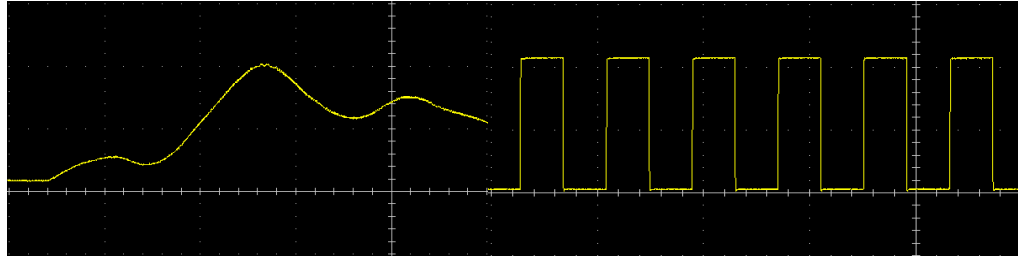
**Figura 62**

*Mandos de los sensores MAP y MAF*



**Figura 63**

*Forma de señal de los sensores MAP y MAF*



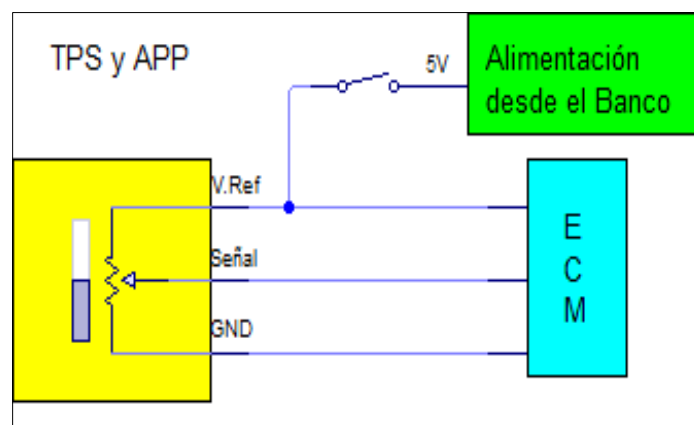
Nota. El gráfico representa las señales de los sensores MAP y MAF, la primera muestra una señal analógica que varía su voltaje de acuerdo a la posición del potenciómetro, la segunda señal digital varía su frecuencia.

### **Sensor TPS y APP**

Los sensores TPS Y APP son de tipo potenciómetro por lo que generan una señal analógica, la simulación de estos sensores se realizó por medio de un potenciómetro de 10K que dependiendo de la posición en la que se encuentre va a variar su voltaje de entre 0 a 5V, además en el equipo se incorpora una fuente de alimentación independiente de 5V en el caso de que solamente se requiere enviar solo la señal de salida hacia la ECM.

**Figura 64**

*Circuito de conexión del sensor TPS Y APP*



La conexión del potenciómetro es pin 1 a voltaje de Referencia (5V), pin 2 señal de entrada hacia la ECM, pin 3 a tierra. Cada uno de estos pines van soldados a cables que tiene líneas de conexión directos hacia la ECM, entre las líneas de conexión se incluye una toma de medición con un terminal Jack banana para la medición de señal y un indicador led conectado al voltaje de Referencia para comprobar que el sensor se encuentre funcionando.

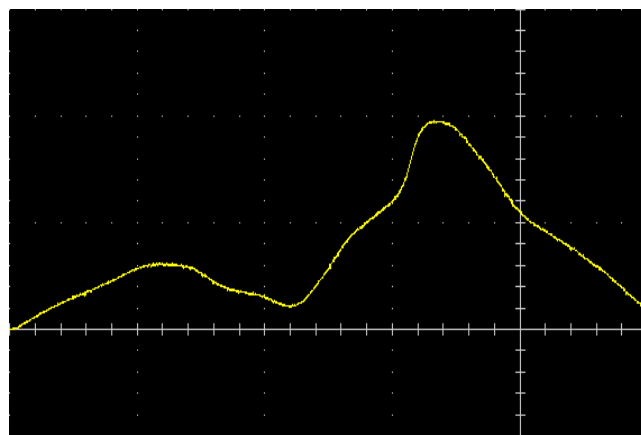
**Figura 65**

*Mandos y tomas de medición de los sensores APP y TPS*



**Figura 66**

*Forma de señal de los sensores APP y TPS.*



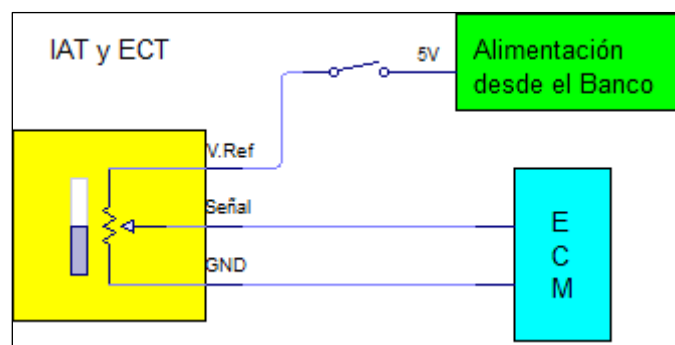
*Nota.* El gráfico representa la señal que se genera de los sensores APP y TPS variando su voltaje dependiendo de la posición del potenciómetro.

## Sensor IAT Y ECT

Los Sensores IAT Y ECT son de tipo termistor que varía su resistencia de acuerdo a la temperatura a la que se encuentra expuesta por lo que para simular las señales que generan estos sensores se utilizó un potenciómetro de 10K el cual es el encargado de modificar su resistencia entre 0 – 10 K dependiendo la posición en la que se encuentre, al igual que los demás sensores estos cuentan con una alimentación independiente de 5V

### Figura 67

*Circuito de conexión de los sensores IAT Y ECT*



La conexión del potenciómetro es pin 2 señal de entrada hacia la ECM, pin 3 a tierra, en el caso de que se requiera una alimentación de 5V al potenciómetro se conecta mediante un interruptor controlado por el Arduino Mega hacia en pin 1 del Potenciómetro.

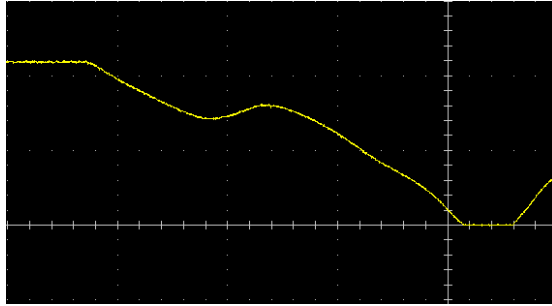
### Figura 68

*Mandos y tomas de medición de los sensores IAT y ECT*



### Figura 69

*Forma de señal de los sensores IAT y ECT*

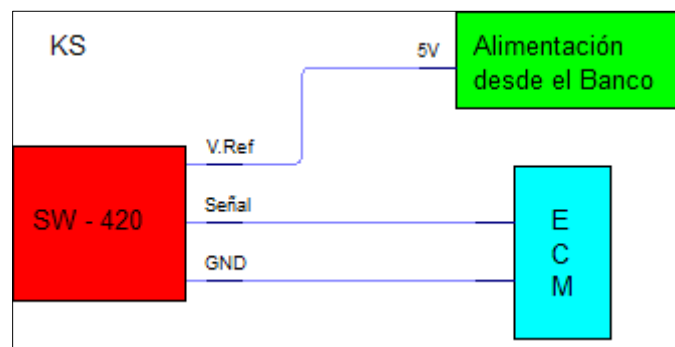


### Sensor KS y O2

El sensor de detonación (KS) envía señales a la ECM cuando se produce un golpeteo en el motor, para simular la señal que produce este sensor se utilizó el módulo de vibración SW-420.

### Figura 70

*Circuito de conexión del sensor KS*

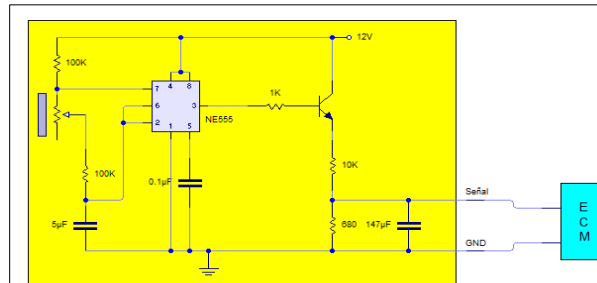


El sensor de vibración SW-420 es un módulo electrónico cuya función es enviar señales de 0V cuando no hay movimiento y 5V cuando se producen vibraciones a su alrededor.

El circuito del sensor de oxígeno simula los parámetros de funcionamiento del mismo de acuerdo a las condiciones del vehículo.

**Figura 71**

*Circuito de conexión del sensor O2*



La señal del sensor KS se produce al proporcionar pequeños golpes sobre la superficie marcada del banco, para realizar una lectura de medición cuenta con un conector Jack banana y un indicador led para visualizar la señal de detonación.

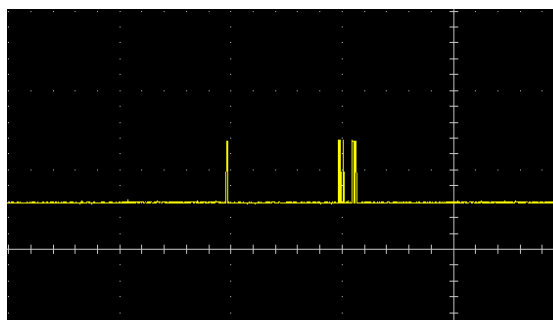
En el caso del sensor O2 dispone de un potenciómetro para modificar parámetros de funcionamiento y una toma de medición tipo Jack banana.

**Figura 72**

*Mandos y tomas de medición de los sensores KS y O2*

**Figura 73**

*Forma de señal del sensor KS*



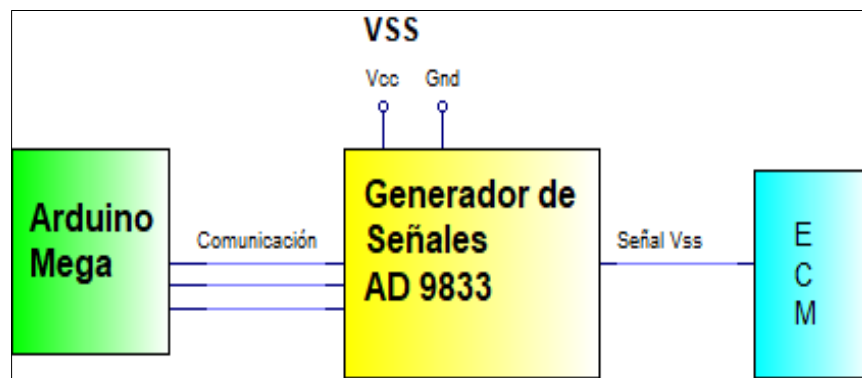


## Sensor VSS

Por lo general existen dos tipos de sensores VSS de tipo inductivo y efecto hall, para simular las señales se utilizó un generador de funciones AD9833 que es un módulo electrónico que permite generar señales analógicas y digitales.

### Figura 74

*Conexión y control del Sensor VSS.*



Para controlar la frecuencia de la señal de salida hacia la ECM se utiliza el microcontrolador Arduino Mega que modifica los valores de frecuencia simulando las condiciones de Velocidad del Vehículo. La señal va conectada directamente hacia la ECM mediante líneas de conexión.

### Figura 75

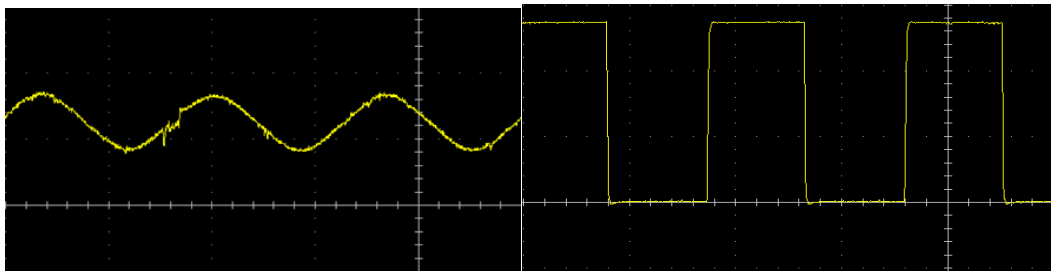
*Control y toma de medición del sensor VSS.*



Para modificar la frecuencia de la señal del sensor VSS se incorpora un potenciómetro que aumenta o disminuye su valor dependiendo de la posición en la que se encuentre.

### Figura 76

*Señales generadas por el Módulo AD9833.*



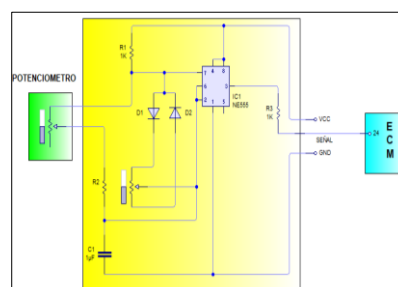
*Nota.* El tipo de señal de salida del sensor VSS es controlada mediante la placa Electrónica Arduino Mega, dependiendo del tipo de señal que se requiera esta puede ser sinusoidal o cuadrada.

### Generador de Señal Digital

Se implementa un circuito que genera una señal digital controlada por dos potenciómetros modificando su ancho de pulso y su frecuencia dependiendo en la posición en la que se encuentre los mismos. Esta señal puede ser utilizada para cualquier tipo de uso como simular las señales de los sensores MAP, MAP, VSS, etc.

### Figura 77

*Circuito generador de señal.*

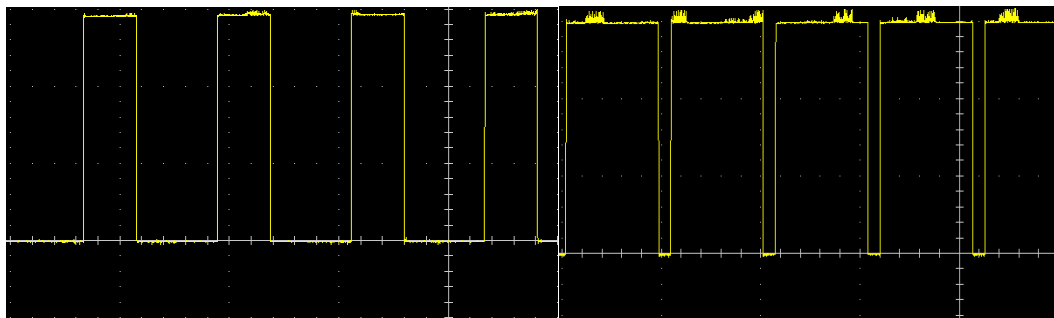


**Figura 78**

*Control y toma de medición del Generador de Señal.*

**Figura 79**

*Señal digital de libre uso.*



*Nota.* El gráfico representa la señal digital generada por el banco de pruebas que permite variar su frecuencia y su ancho de pulso del 0% al 100% de manera independiente.

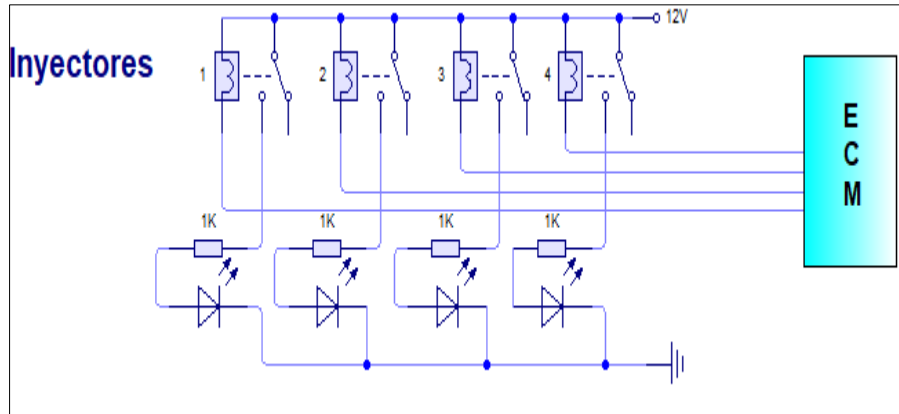
#### **3.4.4. Circuito de conexión de Actuadores**

##### **Inyectores**

Los inyectores están representados por medio de relés alimentados con 12 Voltios directo de la fuente reguladora de voltaje, la computadora realiza el control de masa de acuerdo a su configuración de inyección seleccionado en la TFT, generando la señal de cada uno de los actuadores, se incorporó indicadores leds para observar su funcionamiento.

**Figura 80**

*Circuito de conexión de los inyectores*



A continuación, se representa el diseño físico del banco de pruebas, donde se indican los terminales Jack tipo banana que facilita la entrada de cables del osciloscopio permitiendo la medición de la forma de onda de cada uno de los inyectores.

**Figura 81**

*Diseño físico inyectores*

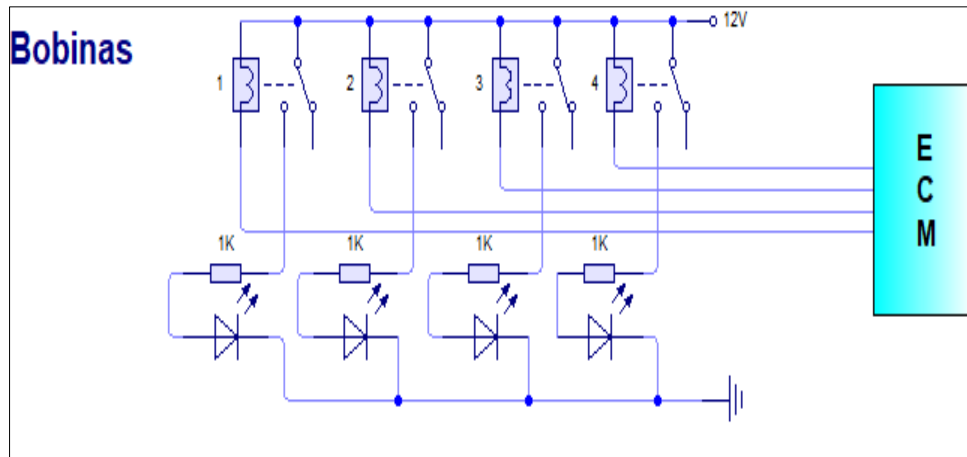


### **Bobinas**

El circuito está alimentado con una tensión de 12V proveniente del circuito regulador de voltaje, se incorporó relés que simulen el funcionamiento de las bobinas las cuales esperan el control de masa de la computadora para su ejecución, además se implantó indicadores led que permiten observar la acción de cada actuador.

**Figura 82**

*Circuito de conexión de las bobinas*



A continuación, se indica el diseño físico del grupo de bobinas donde se observa terminales bananas de acople rápido que permitan la medición de la forma de onda de cada uno de los actuadores.

**Figura 83**

*Diseño físico de las bobinas*

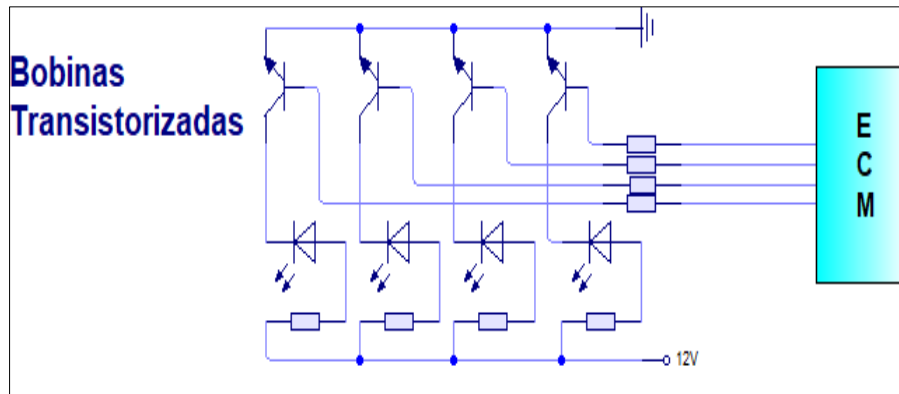


### **Bobinas transistorizadas**

La computadora envía señales de pulso positivos hacia la base de los transistores controlando la masa, polarizando los diodos led que simulan la activación de las bobinas.

**Figura 84**

*Circuito de conexión de las bobinas*



A continuación, se detalla el diseño físico del grupo de bobinas transistorizadas, donde se puede observar indicadores led los cuales se van a encender cuando las bobinas entren en funcionamiento, se colocó terminales tipo banana para una medición fácil y eficiente de la forma de onda de cada actuador.

**Figura 85**

*Diseño físico de las bobinas transistorizadas*



### **Actuadores**

Se representa el circuito de conexión del check engine, relé de la bomba, relé del ventilador, los cuales son indicadores o testigos que se activan de acuerdo a la interpretación de la ECM según el funcionamiento del motor.

La válvula IAC es un motor paso a paso el cual está representado por cuatro leds que simbolizan sus polos, al momento que la ECM accione el motor, los leds se

encenderán de acuerdo a la necesidad de funcionamiento del motor del vehículo.

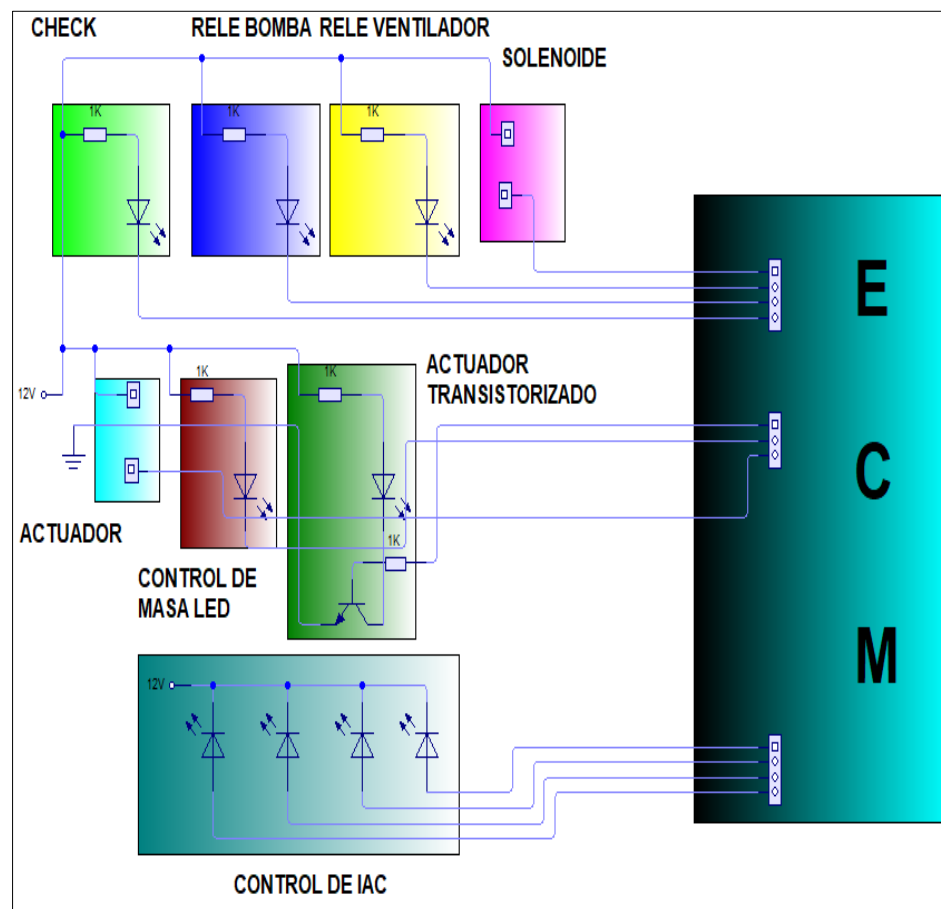
**Tabla 11**

*Interpretación de encendido de leds IAC*

Apertura	LED1	LED2	LED3	LED4
Cerrado	OFF	ON	OFF	ON
Semicerrado	OFF	ON	ON	OFF
Semiabierto	ON	OFF	ON	OFF
Abierto	ON	OFF	OFF	ON

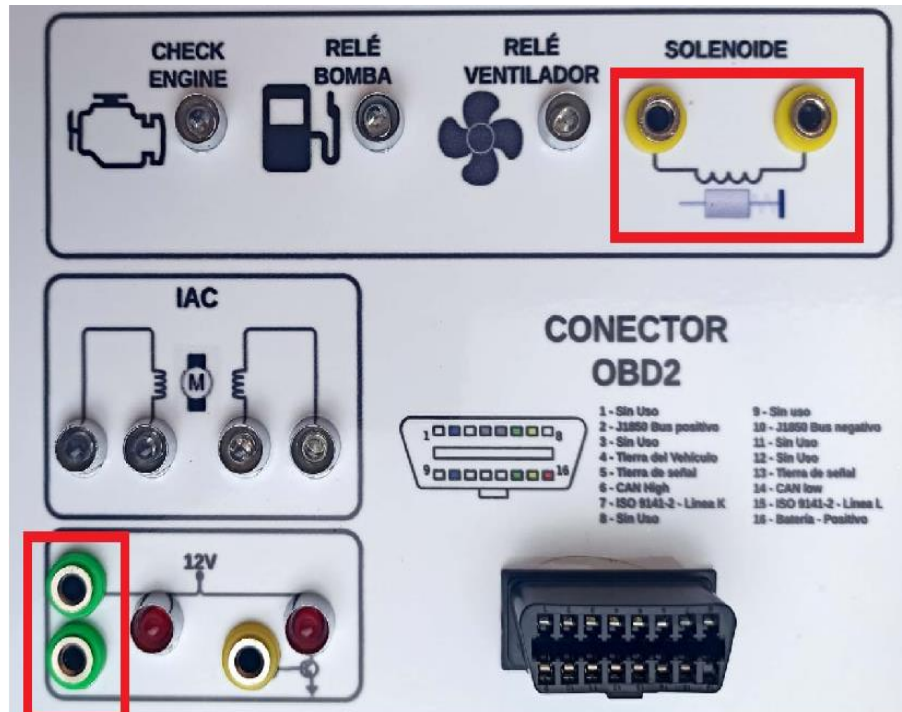
**Figura 86**

*Circuito de conexión indicadores led*



**Figura 87**

*Diseño físico de indicadores led*



*Nota.* Se optó por implementar tomas abiertas donde se podrá acoplar cualquier actuador según sea su principio de funcionamiento.

### 3.5. Diseño del armazón de Banco de pruebas.

El diseño de la estructura del banco de pruebas es dimensionado de acuerdo a todos los componentes eléctricos y conexiones que va abarcar con el objetivo de que se protegen sus componentes internos, cumpliendo con un diseño preliminar compacto, cómodo y de fácil transporte se procede con su fabricación.

A continuación, se describe el procedimiento de fabricación del armazón del banco de pruebas:



Tabla 12

*Pasos para la fabricación del armazón del banco de pruebas*

Pasos	Procedimiento	Imagen
1	<p>Diseño de la estructura 3D en el software inventor con las dimensiones ancho x largo x altura respectivamente 30.3cm x 42.3cm x 13cm</p>	
2	<p>Elaboración de planos de cada una de las vistas del armazón del banco</p>	
3	<p>Corte a laser en MDF de 4mm de grosor de las partes del armazón acuerdo al diseño</p>	
4	<p>Armado y pintado con pintura poliuretano resistente a la humedad.</p>	

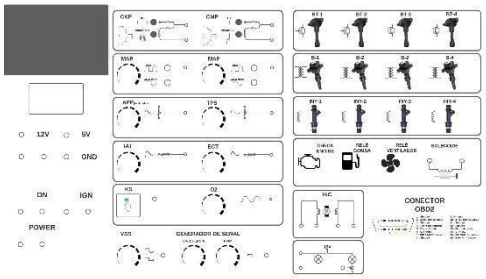
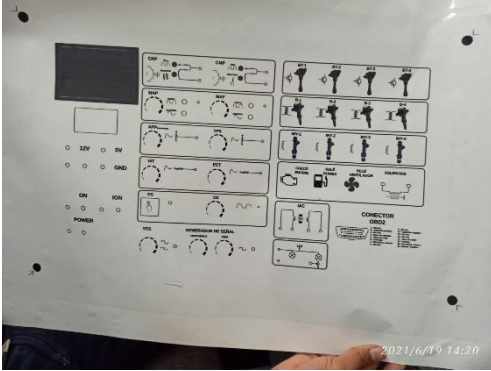
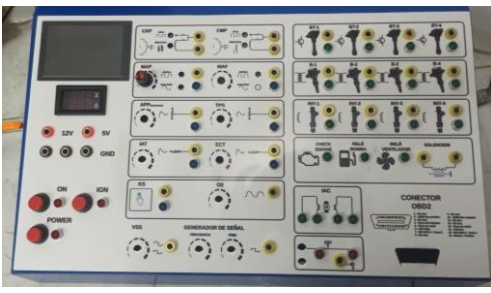
**3.5.1. Diseño del panel de control**

De acuerdo al diseño de los circuitos para una mejor manipulación de los parámetros de funcionamiento se los sensores y una mejor visualización de la activación de los actuadores se elabora un diseño preliminar del panel de control el cual va a constar de conexiones de fácil acceso e indicadores de control.

A continuación, se detalla el procedimiento de fabricación del panel de control:

**Tabla 13**

*Procedimiento de la fabricación del panel de control*


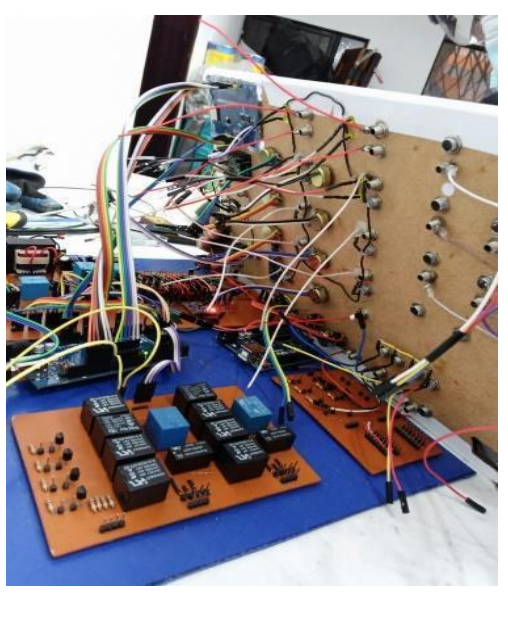
Pasos	Procedimiento	Imagen
1	Elaboración del diseño del panel de control en la plataforma de diagramación Lucidchart.	
2	Impresión y troquelado del vinilo del panel de control Corte del MDF de 5mm de grosor Pegado del vinil en el MDF	
3	Instalación de componentes electrónicos tales como potenciómetros, diodos led, terminales Jack banana, medidor digital de voltaje, pantalla TFT ILI9486, interruptores.	


### 3.5.2. Ensamblaje de los componentes

Una vez culminados los circuitos eléctricos, el armazón y el panel de control se procede a ensamblar, realizar las conexiones entre cada uno de ellos.

**Tabla 14**

*Ensamblaje del banco de pruebas*

Pasos	Procedimiento	Imagen
1	Ensamblaje de las placas electrónicas	
2	Conexión entre el panel de control y los circuitos	

Pasos	Procedimiento	Imagen
3	Montaje de todos los componentes en el armazón y prueba de funcionamiento.	

### 3.6. Comunicación

#### 3.6.1. Conector DB 25

El conector DB25 es un conector de 25 pines usado para la transferencia de datos, cada pin posee líneas de comunicación entre el banco y el módulo de control electrónico, para una fácil conexión existen dos tipos de conectores DB25 hembra y macho para acoplarlos entre sí.

#### Figura 88

Conectores DB25

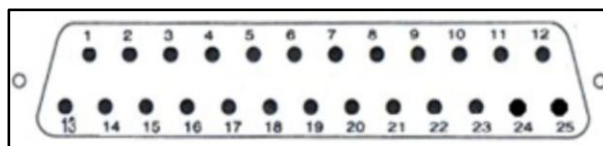


*Nota.* En la imagen se representa los 3 conectores DB25 cada uno dispone de pines de 25 de conexión entre el banco y el ECM.

A continuación, se presenta la designación de pines

Tabla 15

Designación de pines de los conectores DB25



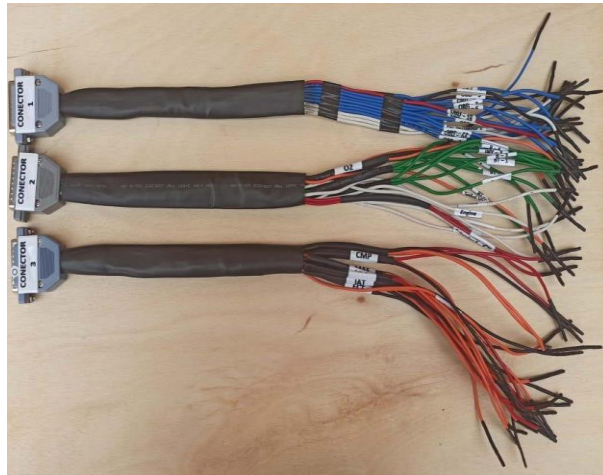
Pines	Conector 1	Conector 2	Conector 3
1	Actuador Control de Masa	12V - ON	GND IAT
2	IAC -2	Actuador transistorizado	Señal IAT
3	IAC -4	Relé de la Bomba	GND TPS
4	OBDII - 9	Control de Masa Solenoide	Señal TPS
5	OBDII - 10	Inyector 3	Voltaje de Referencia TPS
6	OBDII - 11	Inyector 1	GND MAP
7	OBDII - 12	B - 3	SEÑAL MAP
8	OBDII - 13	B - 1	Voltaje de Referencia MAP
9	OBDII - 14	BT - 3	GND CMP
10	OBDII - 15	BT - 1	Voltaje de Referencia CMP
11	OBDII - 16	Señal VSS	GND CKP
12	Sin uso	Señal O2	Voltaje de Referencia CKP
13	Sin uso	12V - IGN	Señal KS
14	IAC - 1	GND	GND ECT
15	IAC - 3	Actuador control de masa (led)	Señal ECT
16	OBDII - 1	Luz MIL	GND APP
17	OBDII - 2	Relé ventilador	Señal APP
18	OBDII - 3	Inyector 4	Voltaje de Referencia APP
19	OBDII - 4	Inyector 2	GND MAF
20	OBDII - 5	B - 4	SEÑAL MAF
21	OBDII - 6	B - 2	Voltaje de Referencia MAF
22	Sin uso	BT - 4	Señal CMP 2
23	OBDII - 7	BT - 2	Señal CMP 1
24	OBDII - 8	Señal Generador de Señales	Señal CKP 2
25	Sin uso	GND O2	Señal CKP 1

El enlace entre el banco y los módulos de control electrónico se da por medio

cables flexibles de conexión número 22 soldados en un extremo al conector DB25 macho y terminales de acople rápido.

### Figura 89

*Cables de conexión DB25*



### 3.6.2. Conector OBDII

El banco dispone de un conector OBDII el cual asiste mediante scanner al monitoreo de posibles códigos DTC de los módulos de control electrónico, así como también la lectura de funcionamiento de sensores y actuadores.

### Figura 90

*Designación de pines del conector OBD2*



## Capítulo IV

### 4. Pruebas de Funcionamiento

#### 4.1. Descripción de los equipos de medición

##### 4.1.1. Osciloscopio Hantek 1008C

Es un osciloscopio digital automotriz diseñado para realizar pruebas en vehículos, posee 8 canales y dispone de una conexión vía USB para PC, dispositivo Android y ejecución es por medio de un software propio de la misma marca.

#### Figura 91

*Osciloscopio Hantek 1008C*



El osciloscopio incorpora cables de conexión con terminales cocodrilo para medir señales, un cable USB para la conexión a una PC o un teléfono y un cable de sonda automática para diagnosticar problemas de encendido del motor.

#### Figura 92

*Cable de osciloscopio P6100*



Al medir las señales de los inyectores o el primario de la bobina los voltajes que generan pueden dañar al osciloscopio por lo que es necesario atenuar la señal con atenuadores diseñados para la automoción, pero existen cables que los incorporan como es el caso del cable de osciloscopio P6100 que cuenta con un factor de atenuación 10:1 es decir si se tiene una señal 12Vpp en el osciloscopio observaría 1.2Vpp.

#### **4.1.2. Multímetro**

Es un equipo que tiene como función medir magnitud eléctrica a diferentes rangos es capaz de trabajar con corriente directa o corriente alterna, consta de una perilla de selección la cual permite posicionar en el tipo de magnitud y las unidades que se quieran sondear para luego presentar en la pantalla digital incorporado en el mismo.

Consta de conexiones de acople rápido que permite la incorporación de las puntas de pruebas que facilitan las mediciones:

- COM: Es la entrada de masa del circuito, generalmente la punta de prueba es de color negro.
- V-mA: es la entrada de señal positiva del circuito, la punta de prueba es de color rojo, en esta conexión se puede medir voltaje, resistencia, amperaje.
- ADC: es la conexión que se debe cambiar el cable rojo si el usuario desea medir corriente alterna.

#### **Funciones del multímetro en el campo automotriz**

- Sondeos de Voltaje DC y AC
- Sondeos de resistencia
- Sondeos de intensidad CD y AC



- Pruebas de continuidad
- Prueba de polaridad en diodos
- Sondeos de frecuencia.

**Figura 93**

*Multímetro o Tester y cables de conexión*



#### **4.1.3. Scanner ELM 327**

El scanner automotriz es un equipo que se utiliza para realizar el diagnóstico de fallas electrónicas de un vehículo a través del protocolo OBDII como CAN, ISO-1430, PWM, ISO 9141 entre otros más.

El ELM327 es una herramienta que permite conocer los parámetros de funcionamiento de los sensores en tiempo real como la temperatura del refrigerante del motor, el rpm, la temperatura de entrada del aire, el avance al encendido.

**Figura 94**

*Interfaz ELM327*



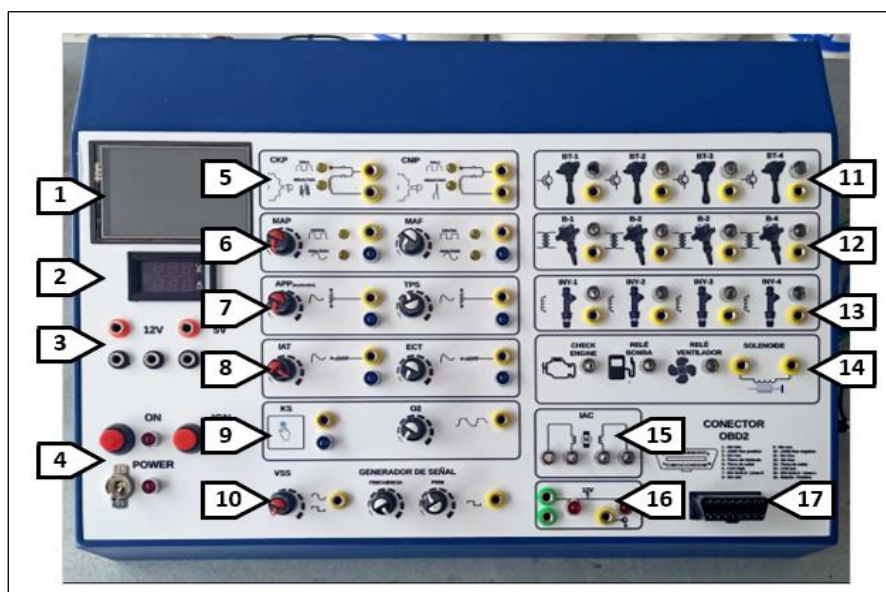
#### 4.2. Banco de pruebas

El banco de pruebas es un equipo que permite la simulación de 12 señales entre ellas señales de sensores de tipo inductivos, de efecto hall, digitales y analógicos, además simula la activación de 11 actuadores entre los principales se tiene a los inyectores, bobinas, bobinas transistorizadas, IAC.

Para realizar el uso correcto del mismo es indispensable realizar un reconocimiento de las partes del equipo.

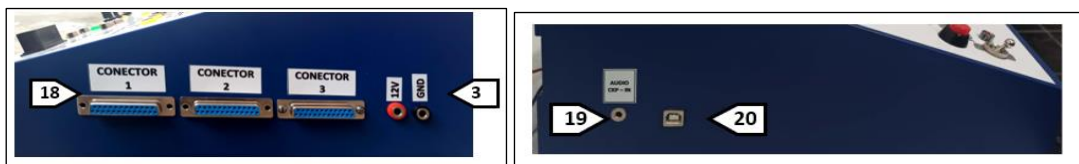
**Figura 95**

*Vista frontal del banco de pruebas.*



**Figura 96**

*Vistas laterales del banco de pruebas*

**Tabla 16**

*Partes del banco de pruebas.*

N°	Designación	N°	Designación
1	Pantalla de Control	11	Simulador de Bobinas transistorizadas
2	Medidor digital	12	Simulador de Bobinas
3	Tomas de alimentación	13	Simulador de Inyectores
4	Interruptores de encendido	14	Simulador de Check Engine, Relé Bomba, Relé ventilador y Solenoide
5	Tomas de medición CKP y CMP	15	Simulador IAC
6	Mando y tomas de medición MAP y MAF	16	Simulador Actuador 1, 2 y3
7	Mando y tomas de medición APP y TPS	17	Conector OBDII
8	Mando y tomas de medición ECT y IAT	18	Conectores BD25
9	Mando y tomas de medición KS y O2	19	Jack Audio desde la PC
10	Mando y tomas de medición VSS y G.S.	20	Conector de Programación

#### 4.3. Procedimientos de Conexión

- Es indispensable adquirir el PinOut o el diagrama eléctrico de la ECM que se va intervenir.
- Tener el PinOut del Banco de diagnóstico Automotriz Tabla 15.
- Adquirir los conectores de comunicación DB25 entre el banco y la computadora.
- Conectar la fuente de alimentación del banco (12V - CC) a una toma eléctrica, se sugiere utilizar una tensión menor a 14 voltios.

- Posicionar en ON el interruptor de encendido (POWER), se habilitará la interfaz de la pantalla TFT.
- Se observará la interfaz de inicio y pulsar “SIGUIENTE” para ingresar a la pantalla de configuración.
- Configurar tipo sensores, actuadores, tipo de encendido, tipo de inyección, tipo de alimentación, número de dientes de la rueda fónica, según corresponda al funcionamiento del módulo de control electrónico.
- Conectar las líneas de comunicación al Equipo de Diagnóstico y enlazar los terminales de intercomunicación a los pines de la ECM de acuerdo a la información técnica PinOut de la computadora.
- El banco dispone de terminales para bobinas normales y transistorizadas, se recomienda utilizar adecuadamente las funciones que incorpora el equipo.
- En el caso que se requiera otra configuración de las señales del CKP y CMP diferentes a las proporcionadas por el banco, se conecta la PC al Equipo de diagnóstico mediante el cable de AUDIO para generar las señales requeridas por medio del software DAQARTA el cual permite variar el número de dientes y dientes faltantes de la rueda fónica generando así estas señales.
- Verificar minuciosamente todas las conexiones entre el banco y la ECM según la designación de pines, es indispensable colocar masa a la carcasa de la computadora para que esta entre en funcionamiento.
- Para iniciar la simulación se debe accionar el pulsador (ON) del panel de control energizando todo el equipo, a continuación, en la pantalla de “CONFIGURACIÓN” se presiona “INICIAR” dando funcionamiento al banco de pruebas.
- Por medio de los mandos (potenciómetros) se puede variar los parámetros de funcionamiento de cada uno de los sensores.

- Se encuentran disponibles señales digitales y analógicas para cualquier actuador según sea su principio de funcionamiento.
- Para verificar los parámetros de funcionamiento de una computadora mediante scanner se encuentra disponible el conector OBDII permitiendo la lectura de los códigos DTC.

#### 4.4. Pruebas de Funcionamiento

Para el diagnóstico y verificación de los módulos de control electrónico se requiere de los siguientes componentes y equipos:

- Banco de pruebas
- Fuente de alimentación 12V 2000mA
- Módulo de control electrónico
- Osciloscopio Hantek 10008C
- Scanner
- Laptop
- Cables de conexión DB25

#### 4.5. Pruebas de la ECU Chevrolet Aveo Activo 1.6

**Tabla 17**

*Designación de pines ECU Chevrolet Aveo Activo 1.6*

Conector A		Conector B	
Pin#	Designación	Pin#	Designación
1-2	Tierra	1	Baja referencia
3	Señal del sensor de golpeteo (KS)	2	Voltaje positivo de la batería
4	Control de la válvula de recirculación de gases de escape (EGR)	3	Voltaje de ignición 1
5	Sin uso	4-6	Sin uso
6	Baja referencia	7	Señal del sensor de presión del refrigerante A/C (ACP)

<b>Conector A</b>		<b>Conector B</b>	
<b>Pin#</b>	<b>Designación</b>	<b>Pin#</b>	<b>Designación</b>
7	Señal del sensor de posición del acelerador (TPS)	8	Señal del interruptor de octanos
8	Control del inyector de combustible 3	9	Señal de velocidad del motor
9	Control del inyector de combustible 1	10	Señal de solicitud de A/C
10	Baja referencia	11	Sin uso
11	Señal del sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)	12	Control del relevador del ventilador de alta velocidad
12	Baja referencia del sensor de oxígeno (HEGO)	13	Sin uso
13	Control alto de la bobina B del control de aire en marcha mínima (IAC)	14	Datos seriales altos de red CAN
14	Sin uso	15	Datos seriales DLC
15	Referencia de 5 voltios	16	Sin uso
16	Baja referencia	17	Referencia de 5 voltios
17	Tierra	18	Voltaje positivo de la batería
18	Control de la bobina de ignición 1 y 4	19	Indicador de combustible
19	Control de la bobina de ignición 2 y 3	20-21	Sin uso
20	Control del solenoide de purga del depósito de emisión de gases (EVAP)	22	Señal del interruptor de octanos
21	Señal del sensor de posición del cigüeñal (CKP)	23	Señal de velocidad del vehículo (transmisión manual)
22	Control del inyector de combustible 2	24	Señal del indicador del sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)
23	Referencia de 5 voltios del sensor de temperatura de aire de admisión (IAT)	25	Sin uso
24	Señal del sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP)	26	Control del relevador de la bomba de combustible
25	Señal del sensor de posición del árbol de levas (CMP)	27	Control del relevador del ventilador de baja velocidad
26	Control del inyector de combustible 4	28	Voltaje de bobina del embrague del compresor de A/C
27	Señal del sensor de oxígeno (EGO)	29	Sin uso
28	Control alto de la bobina A del control de aire en marcha mínima (IAC)	30	Datos seriales bajos de red CAN
29	Control bajo de la bobina B del control de aire en marcha mínima (IAC)	31	Señal del sensor de nivel de combustible
30	Control bajo de la bobina A del	32	Control de la luz del indicador

Conector A		Conector B	
Pin#	Designación	Pin#	Designación
	control de aire en marcha mínima (IAC)		de mal funcionamiento (MIL)
31	Referencia de 5 voltios		
32	Baja referencia		

#### 4.5.1. Prueba de activación de los actuadores.

Conjuntamente con la información generada, los elementos proporcionados por el equipo, el pinado y diagrama eléctrico de la computadora Chevrolet Aveo Activo 1.6, se realiza las respectivas conexiones de acuerdo a la interpretación del diagrama, se polariza la ECM y se evalúa el estado de funcionamiento del equipo de diagnósticos, donde se varía los mandos del equipo (sensores), observando la activación de los actuadores, obteniendo PIDs proporcionados por el scanner, para esta computadora es necesario conectar a masa su chasis de lo contrario no entrará en funcionamiento, a continuación se detalla el proceso realizado.

**Tabla 18**

*Prueba de Activación de actuadores de la ECU Chevrolet*

N°	Actuador	Indicador	Estado	Observación
1	Bobina 1	B-1	Inactivo	No Conectado
2	Bobina 2	B-2	Activo	La ECU activa la bobina 2 y 3 enviando pulsos de activación
3	Bobina 3	B-3	Inactivo	No Conectado
4	Bobina 4	B-4	Activo	La ECU activa la bobina 1 y 4 enviando pulsos de activación
5	Inyector 1	INY-1	Activo	La ECU activa el inyector 1 correctamente
6	Inyector 2	INY-2	Activo	La ECU activa el inyector 2 correctamente
7	Inyector 3	INY-3	Activo	La ECU activa el inyector 3 correctamente
8	Inyector 4	INY-4	Activo	La ECU activa el inyector 4 correctamente
9	Check Engine	Check Engine	Activo	El Check Engine se activa al alimentar la ECU

N°	Actuador	Indicador	Estado	Observación
10	Relé Bomba	Relé Bomba	Activo	El relé de la bomba se activa 3s al alimentar la ECU y se activa todo el tiempo al iniciar la simulación.
11	Relé del Ventilador	Relé del Ventilador	Activo	EL relé del ventilador se activa cuando la temperatura es mayor a 86°C
12	IAC	IAC	Activo	La ECU envía pulsos de activación a la válvula IAC de acuerdo a las condiciones del vehículo

Los actuadores son activados correctamente dependiendo de los parámetros de entrada.

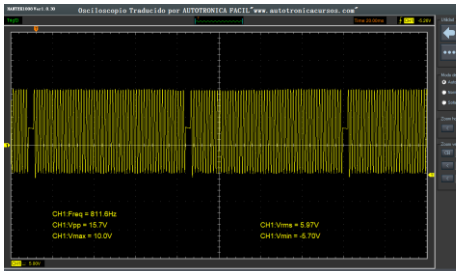
#### 4.5.2. Prueba a 800 RPM

##### Parámetros de entrada a la ECU

El Equipo de diagnóstico permite modificar los valores de las señales de entrada de la ECU gracias a la variación de los potenciómetros, es indispensable seleccionar correctamente el tipo de señal del sensor CKP (inductivo-efecto Hall) de lo contrario la computadora no se pondrá en marcha, para realizar la prueba se estableció los siguientes parámetros de funcionamiento.

**Tabla 19**

*Señales CKP, CMP y O2 de entrada hacia la ECU*

Sensor	$V_{max}$ (V)	$V_{min}$ (V)	$V_{pp}$ (V)	$V_{rms}$ (V)	Frecuencia (Hz)
<p style="text-align: center;"><b>CKP</b></p> 	10	-5.70	15.7	5.97	811.6



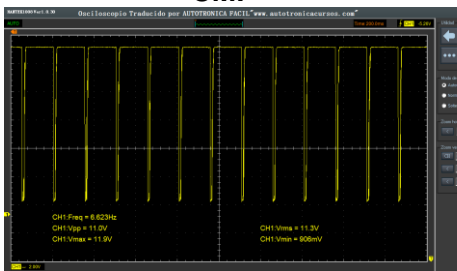
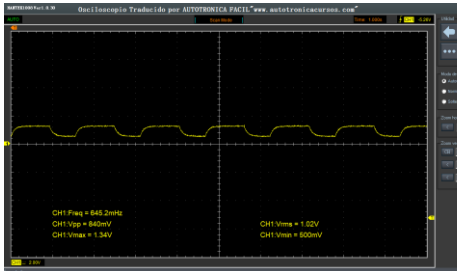



Sensor	$V_{max}$ (V)	$V_{min}$ (V)	$V_{pp}$ (V)	$V_{rms}$ (V)	Frecuencia (Hz)
<b>CMP</b> 	11.9	0.9	11	11.3	6.6
<b>O2</b> 	1.34	0.5	0.84	1.02	-

Tabla 20

Señales MAP, TPS, IAC, ECT de entrada hacia la ECU

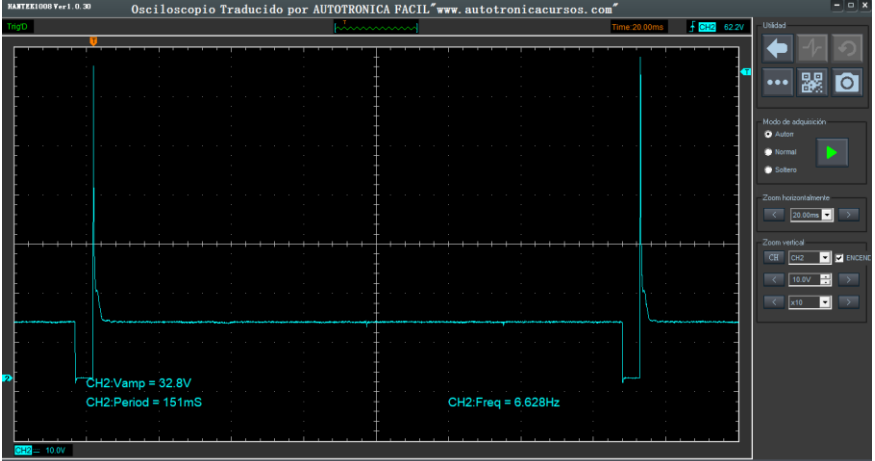
Sensor	$V_{max}$ (V)	$V_{rms}$ (V)
<b>MAP</b> 	1.43	1.35
<b>TPS</b> 	0.86	0.78
<b>IAT</b>	2.38	2.31

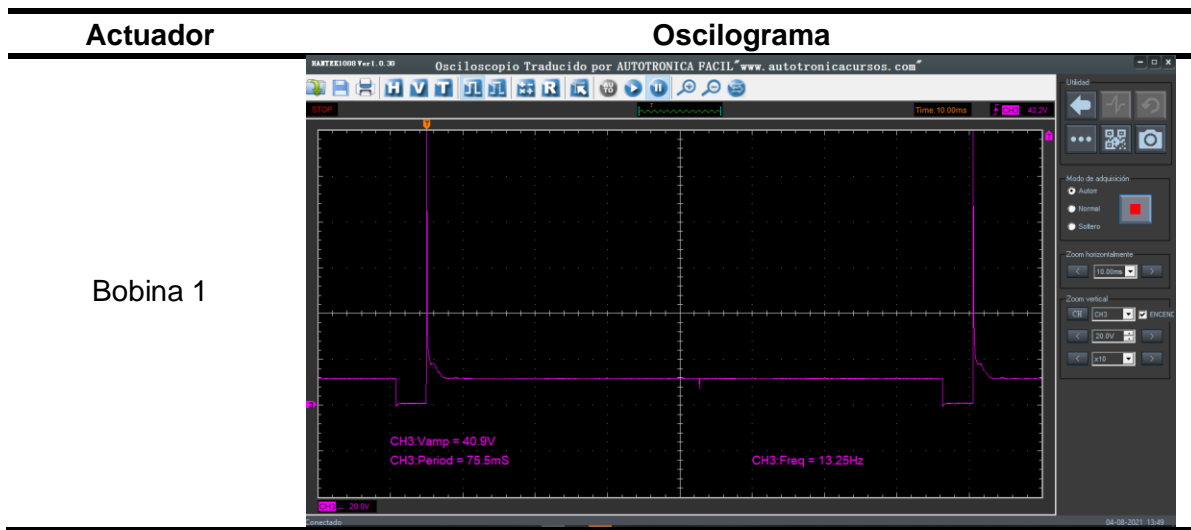
Sensor	Vmax (V)	Vrms (V)
		
ECT	3.71	3.66

Una vez establecidos los parámetros de entrada hacia la ECU, se recopiló información de las señales de los inyectores y bobinas, donde se puede interpretar el tiempo de activación, periodo y frecuencia de los mismos.

**Tabla 21**

*Señales de inyección y de encendido.*

Actuador	Oscilograma
Inyector 1	



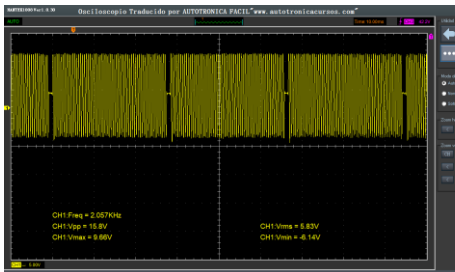
**4.5.3. Prueba a 2000 RPM**

**Parámetros de entrada a la ECU.** El Equipo de diagnóstico permite modificar los valores de las señales de entrada de la ECU gracias a la variación de los potenciómetros, para realizar la prueba se establecieron los siguientes parámetros de funcionamiento.

**Tabla 22**

*Señales CKP, CMP y O2 de entrada hacia la ECU*

Sensor	$V_{max}$ (V)	$V_{min}$ (V)	$V_{pp}$ (V)	$V_{rms}$ (V)	Frecuencia (Hz)
<b>CKP</b>	9.66	-6.144	15.8	5.83	2057



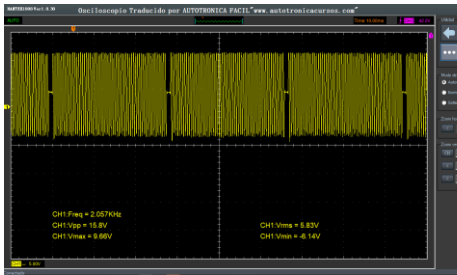
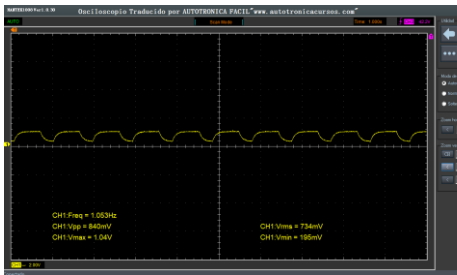


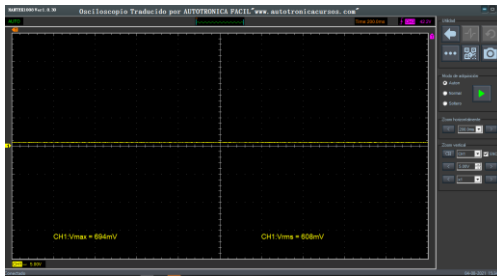
Sensor	$V_{max}$ (V)	$V_{min}$ (V)	$V_{pp}$ (V)	$V_{rms}$ (V)	Frecuencia (Hz)
<b>CMP</b> 	11.5	0.6	10.9	11.1	17.68
<b>O2</b> 	1.04	0.19	0.84	073	--

Tabla 23

Señales MAP, TPS, IAC, ECT de entrada hacia la ECU

Sensor	$V_{max}$ (V)	$V_{rms}$ (V)
<b>MAP</b> 	4.25	4.20
<b>TPS</b> 	3.10	3.01

**IAT**



0.69

0.60

**ECT**



1.43

1.40

Una vez establecidos los parámetros de entrada hacia la ECU, se recopiló información de las señales de los inyectores y bobinas, donde se puede interpretar el tiempo de activación, periodo y frecuencia de los mismos.

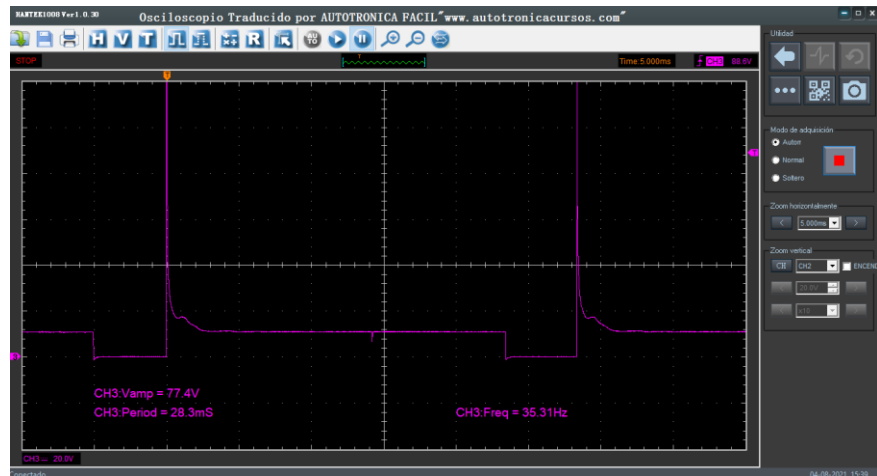
**Tabla 24**

*Señales de inyección y de encendido.*

Actuador	Oscilograma
Inyector 1	<p>Oscilloscope screenshot for Inyector 1. The text 'CH2 Vamp = 64.2V' and 'CH2 Period = 56.7mS' is visible at the bottom left. The text 'CH2 Freq = 17.65Hz' is visible at the bottom right. The waveform is a square wave with a sharp rise and a gradual fall.</p>

**Actuador****Oscilograma**

Bobina 1

**4.5.4. Resultados**

Una vez conectado el Scanner ELM327 al banco de pruebas por medio del sistema de comunicación OBDII que cuenta el equipo, se debe enlazar la comunicación mediante bluetooth con la laptop donde se refleja las condiciones de funcionamiento de ECU en tiempo real.

**4.5.5. Prueba a 800 RPM****Tabla 25**

*PID obtenidos con el scanner ELM 327*

Designación	Unidad	Valor
RPM	Rev/min	795
MAP	in/Hg	19.6
ECT	°C	-3
IAT	°C	44
TPS	%	0
O2 Banco1	V	0.45
O2 Banco2	V	0.44
Avance de sincronización de encendido - Cilindro 1	Grados	2
Carga del motor	%	9

Por medio del osciloscopio se observa la señal de los inyectores y bobinas, mediante la interpretación de datos se tabuló los siguientes resultados.

**Tabla 26**

*Parámetros de operación del inyector 1 y la bobina 1*

<b>Actuador</b>	<b>Periodo (ms)</b>	<b>Tiempo Activación (ms)</b>	<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>Amplitud (V)</b>
<b>Inyector 1</b>	151	5	6.62	32.8
<b>Bobina 1</b>	75.5	4.5	13.25	40.9

**Tabla 27**

*Estado de activación de los actuadores.*

<b>Actuador</b>	<b>Estado</b>	<b>Observación</b>
<b>Check Engine</b>	Activo	Se activa al momento de alimentar a la ECU
<b>Relé de la Bomba</b>	Activo	Se activa al enviar la señal del CKP a la ECU
<b>Relé del Ventilador</b>	Inactivo	Temperatura del refrigerante del motor menor a 86 °C.
<b>IAC</b>	Activo	Semiabierto

#### **4.5.6. Prueba 2000 RPM**

**Tabla 28**

*PID obtenidos con el scanner ELM 327*

<b>Designación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
RPM	Rev/min	2122
MAP	in/Hg	3.6
ECT	°C	107
IAT	°C	104
TPS	%	53.7
O2 Banco1	V	0.43
O2 Banco2	V	0.44
Avance de sincronización de encendido - Cilindro 1	Grados	1
Carga del motor	%	24

Por medio del osciloscopio se observa la señal de los inyectores y bobinas, mediante la interpretación de datos se tabuló los siguientes resultados.

Tabla 29

*Parámetros de operación del inyector 1 y la bobina 1*

Actuador	Periodo (ms)	Tiempo Activación (ms)	Frecuencia (Hz)	Amplitud (V)
Inyector 1	56.7	10	17.55	64.2
Bobina 1	28.3	10	35.31	67.4

Tabla 30

*Estado de activación de los actuadores.*

Actuador	Estado	Observación
Check Engine	Activo	Se activa al momento de alimentar a la ECU
Relé de la Bomba	Activo	Se activa al enviar la señal del CKP a la ECU
Relé del Ventilador	Activo	Temperatura del refrigerante del motor mayor a 86 °C.
IAC	Activo	Semiabierto

#### 4.6. Pruebas de la ECU Kia Xcite 1.4

Tabla 31

*Designación de pines ECU Kia Xcite 1.4*

Pin#	Designación	Pin#	Designación
1	Control de la bobina de ignición 1 y 4	59	Referencia de 5 voltios
2	Tierra	60	Referencia de 5 voltios
3	Control de la bobina de ignición 2 y 3	62	CAN LOW
6	Voltaje positivo de la batería	68	Control del inyector de combustible 4
19	Señal del Sensor de Flujo de Aire (MAF)	70	Control de la luz del indicador de mal funcionamiento (MIL)
22	Voltaje positivo de la batería	73	Tierra
24	Control del inyector de combustible 3	77	Señal del sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)



<b>Pin#</b>	<b>Designación</b>	<b>Pin#</b>	<b>Designación</b>
<b>25</b>	Control de válvula IAC (Cerrar)	<b>82</b>	Voltaje positivo de la batería
<b>33</b>	Tierra	<b>83</b>	Interruptor de Encendido
<b>36</b>	Señal del sensor de oxígeno (HEGO)	<b>84</b>	CAN HIGH
<b>39</b>	Señal del sensor de posición del acelerador (TPS)	<b>86</b>	Señal del sensor de posición del cigüeñal (CKP) [B]
<b>43</b>	Señal del sensor de temperatura de aire de admisión (IAT)	<b>87</b>	Señal del sensor de posición del cigüeñal (CKP) [A]
<b>46</b>	Control del relevador de la bomba de combustible	<b>90</b>	Control de válvula IAC (Cerrar)
<b>47</b>	Control del inyector de combustible 2	<b>91</b>	Control del inyector de combustible 1
<b>51</b>	Tierra		

#### **4.6.1. Prueba de Activación de los actuadores**

Realizado el reconocimiento de las partes del banco de pruebas y obtenido el diagrama eléctrico con la distribución de pines de la computadora del vehículo Kia Xcited 1.4 se procede a realizar las conexiones siguiendo el procedimiento descrito para establecer una comunicación.

Para comprobar que la ECU y el equipo de diagnóstico se comunican se enciende el equipo para comprobar el estado de los actuadores. Las respuestas que envió la ECU hacia el equipo una vez iniciada la simulación se tabulan a continuación.

**Tabla 32***Prueba de Activación de actuadores de la ECU Kia*

<b>N°</b>	<b>Actuador</b>	<b>Indicador</b>	<b>Estado</b>	<b>Observación</b>
1	Bobina 1	B-1	Activo	La ECU activa la bobina 1 y 4 enviando pulsos de activación
2	Bobina 2	B-2	Inactivo	No conectado
3	Bobina 3	B-3	Inactivo	No Conectado
4	Bobina 4	B-4	Activo	La ECU activa la bobina 1 y 4 enviando pulsos de activación
5	Inyector 1	INY-1	Activo	La ECU activa el inyector 1 correctamente
6	Inyector 2	INY-2	Activo	La ECU activa el inyector 2 correctamente
7	Inyector 3	INY-3	Activo	La ECU activa el inyector 3 correctamente
8	Inyector 4	INY-4	Activo	La ECU activa el inyector 4 correctamente
9	Check Engine	Check Engine	Activo	El Check Engine se activa al alimentar la ECU
10	Relé Bomba	Relé Bomba	Activo	El relé de la bomba se activa 3s al alimentar la ECU y se activa todo el tiempo al iniciar la simulación.
11	Relé del Ventilador	Relé del Ventilador	Inactivo	No Conectado
12	IAC	IAC	Activo	La ECU envía pulsos de activación a la válvula IAC de acuerdo a las condiciones del vehículo

Al verificarse el estado de la activación de los actuadores se comprueba que la ECU interactúa correctamente con el banco de pruebas activando los inyectores, las bobinas, y los demás indicadores.

**4.6.2. Prueba a 800 RPM**

**Parámetros de entrada a la ECU.** El banco envía señales a la ECU dependiendo del tipo del sensor, los valores de estas señales se pueden modificar de acuerdo a la variación de los potenciómetros, para realizar la prueba se estableció parámetros de funcionamiento.

Tabla 33

Señales CKP, CMP y O2 de entrada hacia la ECU

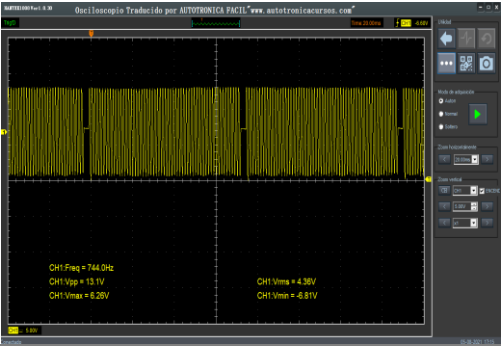
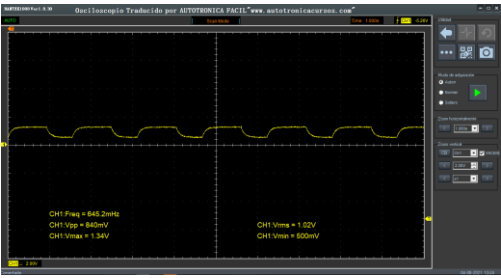
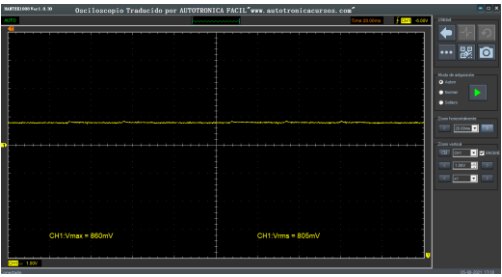
Sensor	$V_{max}$ (V)	$V_{min}$ (V)	$V_{pp}$ (V)	$V_{rms}$ (V)	Frecuencia (Hz)
<b>CKP</b> 	6.26	-6.81	13.1	4.36	744
<b>O2</b> 	1.05	0.17	0.86	0.72	--

Tabla 34

Señales MAP, TPS, IAC, ECT de entrada hacia la ECU

Sensor	$V_{max}$ (V)	$V_{rms}$ (V)
<b>MAP</b> 	0.86	0.80

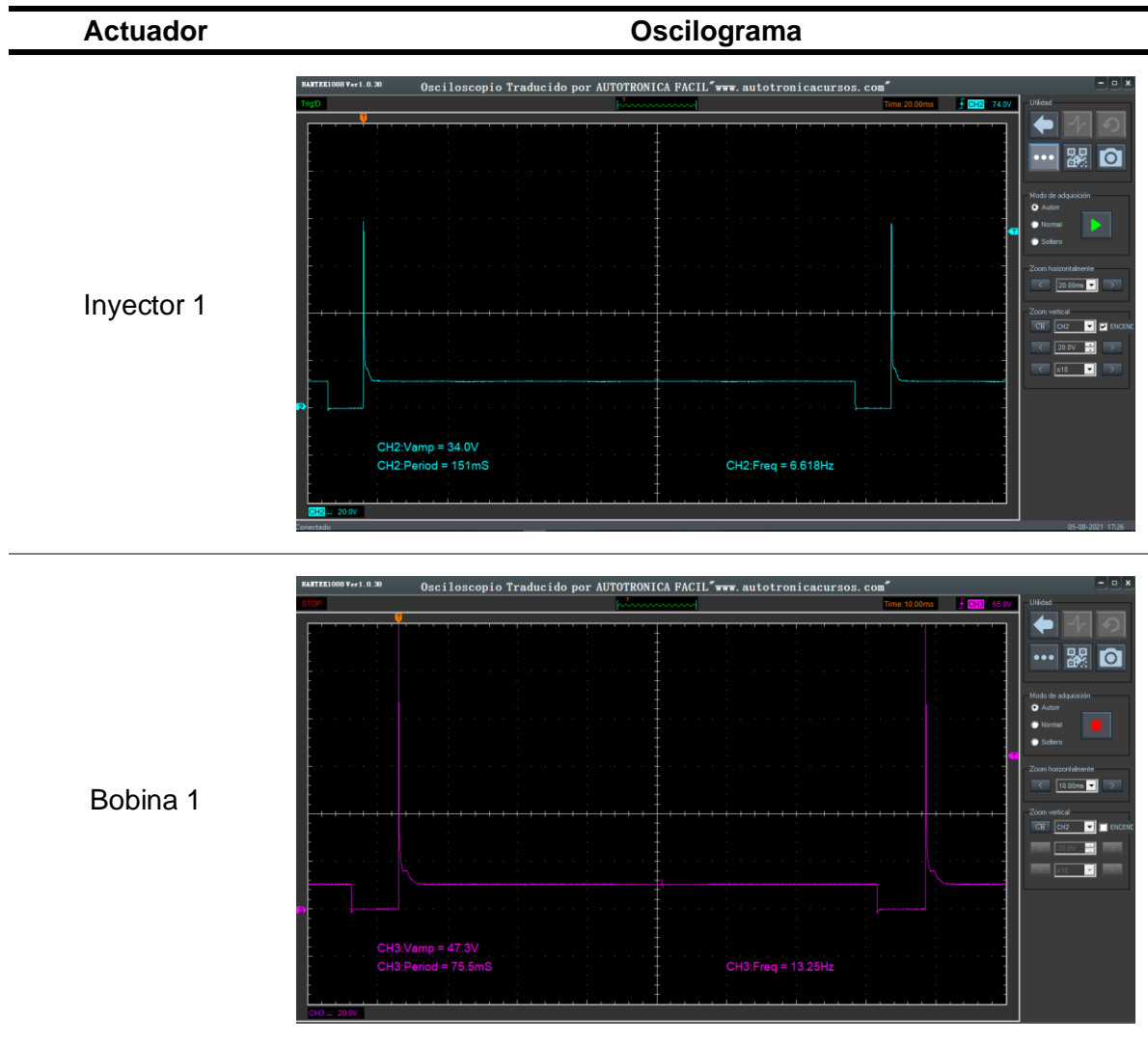
Sensor	$V_{max}$ (V)	$V_{rms}$ (V)
TPS	1.47	1.39
IAT	3.18	2.96
ECT	1.89	1.76

Los parámetros que ingresó hacia la ECU son constantes durante toda la prueba es decir las señales de los sensores CKP, CMP, O2, MAP, TPS, ECT y IAT se establecieron en un solo punto sin modificar su valor.

Una vez iniciada la simulación se activó los inyectores y bobinas, las señales que estos generan a 800 RPM se indican en la siguiente tabla:

Tabla 35

Señales de inyección y de encendido



#### 4.6.3. Prueba a 2000 RPM

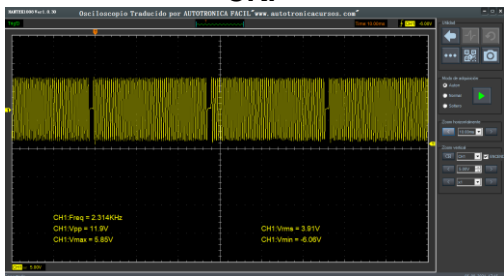
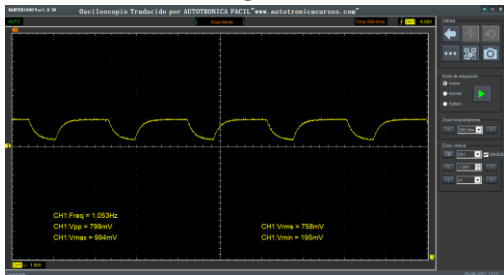
**Parámetros de entrada a la ECU.** El banco envía señales a la ECU dependiendo del tipo del sensor, los parámetros de estas señales se pueden modificar de acuerdo a la variación de los potenciómetros, para realizar la prueba se estableció parámetros de funcionamiento.

Para la prueba de 2000 rpm se modificó los parámetros de los sensores,

variando la frecuencia del sensor CKP y el voltaje de señal de los sensores MAP, TPS, IAC y ECT como se indica a continuación.

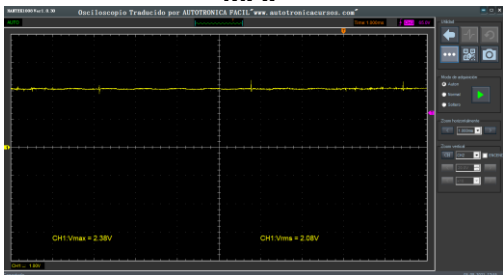
**Tabla 36**

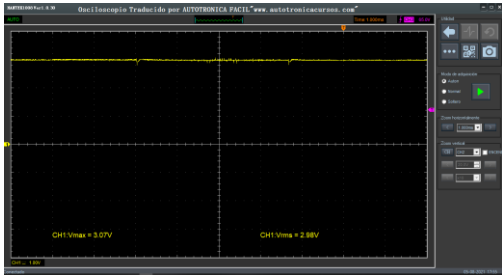

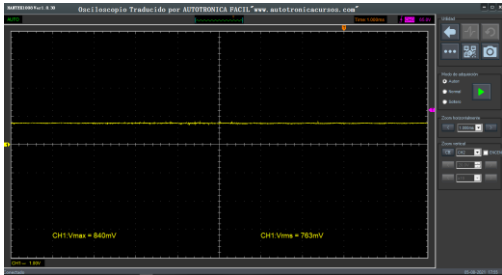
*Señales CKP, CMP y O2 de entrada hacia la ECU*

Sensor	$V_{max}$ (V)	$V_{min}$ (V)	$V_{pp}$ (V)	$V_{rms}$ (V)	Frecuencia (Hz)
<b>CKP</b> 	5.85	-6.06	11.9	3.91	2314
<b>O2</b> 	0.99	0.19	0.8	0.76	-

**Tabla 37**

*Señales MAP, TPS, IAC, ECT de entrada hacia la ECU*

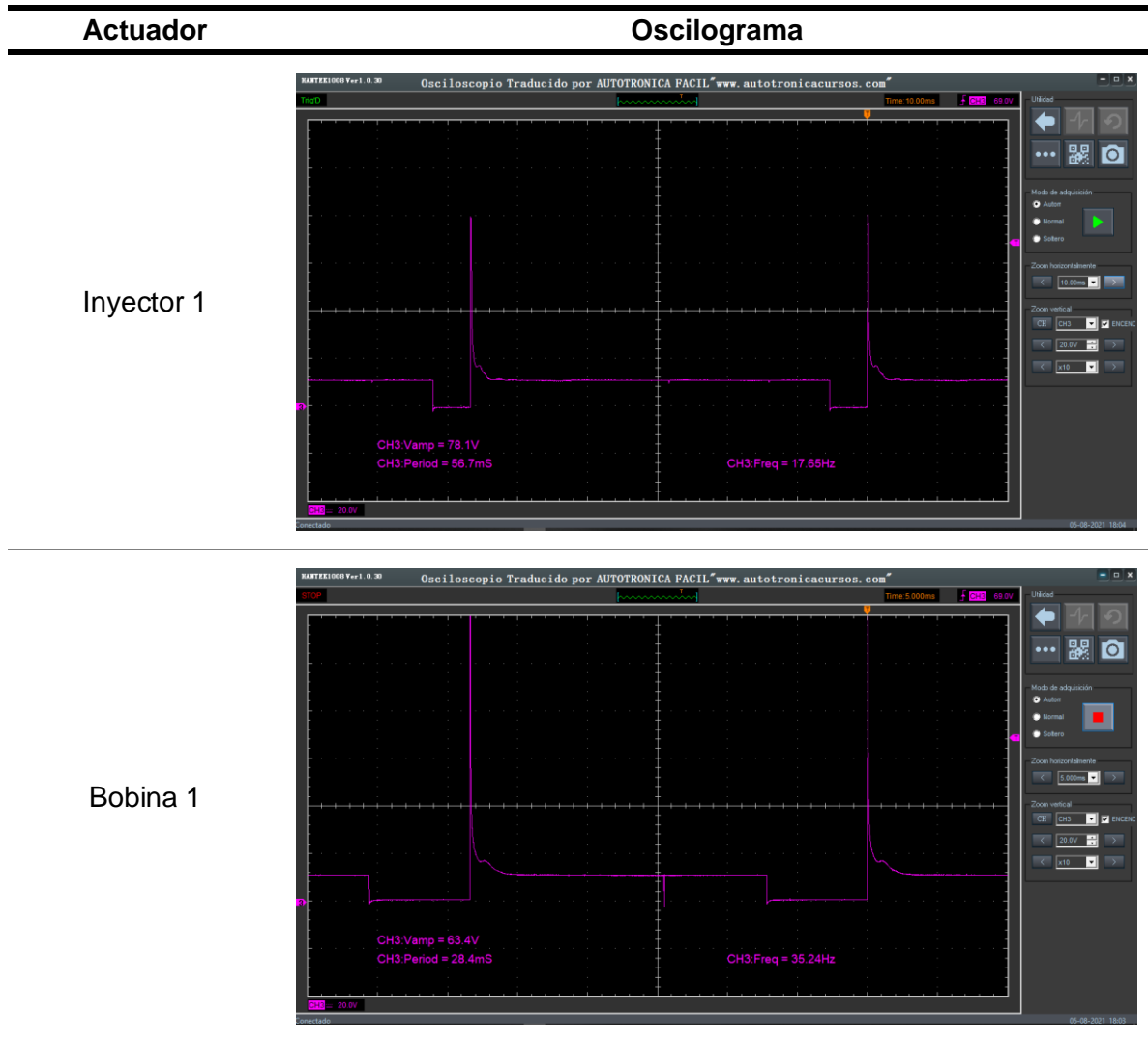
Sensor	$V_{max}$ (V)	$V_{rms}$ (V)
<b>MAP</b> 	2.38	2.08

Sensor	$V_{max}$ (V)	$V_{rms}$ (V)
<p><b>TPS</b></p> 	3.07	2.98
<p><b>IAT</b></p> 	2.74	2.65
<p><b>ECT</b></p> 	0.84	0.76

Una vez establecidos los parámetros de entrada hacia la ECU se recopiló información de las señales proporcionadas por el osciloscopio de los actuadores.

Tabla 38

Señales de inyección y de encendido



#### 4.6.4. Resultados

#### 4.6.5. Prueba 800 RPM

Una vez conectado el Scanner ELM327 a la ECU por medio del sistema de comunicación OBDII con el que cuenta el banco de pruebas se obtienen las condiciones del vehículo en tiempo real.



**Tabla 39**

*PID obtenidos con el scanner ELM 327*

<b>Designación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
RPM	Rev/min	795
MAF	in/Hg	24.3
ECT	°C	63
IAT	°C	15
TPS	%	27
O2 Banco1	V	0.45
O2 Banco2	V	0.45
Avance de sincronización de encendido - Cilindro 1	Grados	-9
Carga del motor	%	98

El scanner reconoce automáticamente el tipo de vehículo mediante el protocolo de comunicación CAN proporcionando los PID.

La ECU procesa la información recibida de los sensores del vehículo y determina las condiciones de operación modificando el tiempo de inyección, de encendido entre otros parámetros para que exista un correcto funcionamiento del motor.

Luego de examinar las señales obtenidas de los inyectores y las bobinas a través del osciloscopio se tabuló los parámetros como el periodo, tiempo de activación de los inyectores, frecuencia y amplitud.

**Tabla 40**

*Parámetros de operación del inyector 1 y la bobina 1*

<b>Actuador</b>	<b>Periodo (ms)</b>	<b>Tiempo Activación (ms)</b>	<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>Amplitud (V)</b>
<b>Inyector 1</b>	151	8	6.61	34
<b>Bobina 1</b>	75.5	7	13.25	47.3

**Tabla 41**

*Estado de activación de los actuadores.*

<b>Actuador</b>	<b>Estado</b>	<b>Observación</b>
<b>Check Engine</b>	Inactivo	Se activa 3 segundos al momento de alimentar a la ECU
<b>Relé de la Bomba</b>	Activo	Se activa al enviar la señal del CKP a la ECU
<b>Relé del Ventilador</b>	Inactivo	No Conectado
<b>IAC</b>	Activo	Abierto

#### **4.6.6. Prueba 2000 RPM**

El scanner proporciona los siguientes datos en tiempo real.

**Tabla 42**

*PID obtenidos con el scanner ELM 327*

<b>Designación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
RPM	Rev/min	2019
MAF	in/Hg	15.2
ECT	°C	102
IAT	°C	21
TPS	%	64.3
O2 Banco1	V	0.46
O2 Banco2	V	0.45
Avance de sincronización de encendido - Cilindro 1	Grados	29
Carga del motor	%	76

En la siguiente tabla se indican los parámetros de funcionamiento de los inyectores y bobinas con los parámetros establecidos a 2000 rpm.

**Tabla 43**

*Parámetros de operación del inyector 1 y la bobina 1*

<b>Actuador</b>	<b>Periodo (ms)</b>	<b>Tiempo Activación (ms)</b>	<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>Amplitud (V)</b>
<b>Inyector 1</b>	56.7	5.5	17.65	78.1
<b>Bobina 1</b>	28.4	6.8	35.24	63.4

Realizadas las mediciones de las señales de los inyectores, bobinas, IAC, la activación del Check Engine, los relés de la Bomba y del Ventilador, se tabulo los siguientes resultados obtenidos.

**Tabla 44**

*Estado de activación de los actuadores.*

<b>Actuador</b>	<b>Estado</b>	<b>Observación</b>
<b>Check Engine</b>	Inactivo	Se activa durante 3 segundos
<b>Relé de la Bomba</b>	Activo	Se activa al enviar la señal del CKP a la ECU
<b>Relé del Ventilador</b>	Inactivo	No Conectado
<b>IAC</b>	Activo	Cerrado

Con las pruebas realizadas en la ECU del vehículo KIA Xcited 1.4 2009 se comprueba que al modificar los parámetros de entrada de los sensores la ECU varía tiempos de inyección y tiempos de encendido y el estado de los demás indicadores, por lo que se estableció que la comunicación entre la ECU y el equipo fue exitosa permitiendo verificar el estado de la computadora.

## Capítulo V

### 5. Marco Administrativo

#### 5.1. Presupuesto y Financiamiento

Para realizar la presente investigación de manera organizada y detallada, y que el proyecto sea factible, se detalla a continuación el análisis y optimización de los recursos humanos, materiales y tecnológicos.

#### 5.2. Recursos humanos

El recurso humano que intervendrá en la ejecución de la investigación es el siguiente:

**Tabla 45**

*Recursos humanos*

Ord.	Descripción	Cantidad	Función
1.	Byron Lenin Clavón Taipe	1	Investigador
2.	Nelson Bolivar Lema Panchi	1	Investigador
3.	Ing. Washington Germán Erazo Laverde	1	Colaborador Científico

#### 5.3. Recursos materiales

Para el desarrollo de la investigación es necesario establecer los materiales principales y los vehículos a utilizar, los cuales se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 46**

*Tabla de recursos materiales*

Recursos Materiales		
Ord.	Detalle	Costo total USD
1.	Herramientas	\$ 40,50
2.	Materiales de construcción del banco.	\$ 34,00
3.	Materiales eléctricos	\$ 91,35
4.	Materiales electrónicos	\$ 127,40
5.	Documentación	\$ 20,00
6.	Imprevistos	\$ 100,00

Total	\$ 413,25
-------	-----------

#### 5.4. Recursos tecnológicos

Para la realización correcta de la investigación es necesario contar con equipos tecnológicos que se mencionan a continuación:

**Tabla 47**

*Recursos tecnológicos*

<b>Recursos Tecnológicos</b>		
Ord.	Detalle	Costo total USD
1.	Internet	\$ 156,00
2.	Software PCB	\$ -
3.	Software Livewire	\$ -
4.	Software DAQARTA	\$ -
5.	Software Hantek	\$ -
6.	Software HSCOPE	\$ 14,00
7.	Software ScanMaster	\$ -
8.	Cámara	\$ 15,00
9.	Impresiones	\$ 25,00
10.	Osciloscopio	\$ 185,00
11.	Multímetro	\$ 12,00
12.	Scanner	\$ 17,00
	Total	\$ 424,00

#### 5.5. Recursos de Apoyo

**Tabla 48**

*Recursos tecnológicos*

<b>RECURSOS DE APOYO</b>		
Ord.	Detalle	Costo total USD
1.	Curso de Reparación de ECU	\$ 35,00
2.	Curso de Baque de ECU	\$ 12,00
3.	Curso Normas APPA	\$ 18,00
	Total	\$ 65,00

### 5.6. Costo neto del proyecto.

El costo de la investigación denominada “**Diseño y construcción de un banco de pruebas genérico para diagnóstico y reparación de módulos de control electrónico automotriz**”, resulta de la suma total de los recursos a utilizar y la movilidad.

**Tabla 49**

*Costo neto del proyecto*

<b>Descripción</b>	<b>Costo total USD</b>	
Recursos materiales	\$	413,25
Recursos tecnológicos	\$	424,00
Recursos de apoyo	\$	65,00
Alimentación	\$	300,00
Movilidad	\$	138,00
<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>1.340,25</b>

## 6. Conclusiones

- Frente a la evidencia presentada, se diseñó y construyó satisfactoriamente un banco de pruebas para diagnóstico y reparación de Módulos de Control Electrónico Automotriz, capaz de simular señales de los principales sensores del vehículo cubriendo más del 80% en marcas, permitiendo la polarización de las ECM activando a los diferentes actuadores de simulación, dando lugar a un diagnóstico efectivo del 90% de confiabilidad.
- Existen marcas de vehículos que utilizan un voltaje de referencia para el sensor MAF, MAP, VSS, CMP, todos de efecto Hall de 5 ó 12 voltios, para ello se realizó un estudio previo acerca de los parámetros de funcionamiento de los sensores y actuadores.
- El diseño en software para esquemas de circuitos eléctricos y electrónicos permite manipular a conveniencia el circuito y todos los componentes a utilizar, evitando el despilfarro de dinero por ende el de elementos, conjuntamente con la opción de simulación asiste a depurar errores y optimizar los mismos.
- La utilización de placas electrónicas brinda orden, seguridad y un cómodo montaje de los componentes, así como también un fácil acople de cables de conexión evitando el cableado tipo spaghetti.
- Se utilizó el programa para diseño asistido por computador, SOLIDWORKS, el cual ayuda a tener una previsualización del armazón, de tal manera mejorar la presentación y perfeccionar la calidad del diseño del equipo para diagnóstico EDA.

- De acuerdo a la información recopilada en los Datasheet se incorporó un patrón genérico de designación de pines al equipo de diagnóstico, facilitando la conexión con las unidades de control del mismo modo se realizó cables de comunicación libre con el fin de evitar cortocircuito.
- Mediante la polarización de computadoras automotrices y el pin Data correspondiente se comprobó la activación de las bobinas, inyectores, check engine, relé de la bomba, relé del ventilador, solenoides, válvulas IAC permitiendo visualizar su funcionamiento a través de indicadores led obteniendo datos en tiempo real por medio del scanner.
- Se generó un manual técnico de funcionamiento donde el operador puede informarse de las funcionalidades, características, interfaz de control, mandos, requerimientos, advertencias y virtudes que dispone el equipo de diagnóstico.



## 7. Recomendaciones

- Para un adecuado uso del equipo se recomienda que el operador lea detenidamente el manual técnico de funcionamiento y se relacione con los mando y la interfaz de control para inicio de la simulación.
- Utilizar la fuente de alimentación especificada en el diseño del equipo, en el caso de que se vaya a ocupar otra fuente asegurarse que el voltaje se encuentre en el rango de 11 a 14 voltios en corriente continua, puesto que el banco está diseñado por componentes eléctricos que no soportan un voltaje mayor.
- Es indispensable que el operador cuente con la distribución de pines específico del módulo de control electrónico que se va a diagnosticar, debido a que no contar con el listado de pines correcto existe la posibilidad de que se genere un cortocircuito interno al alimentar la computadora.
- Conectar todas las líneas de alimentación y de masa de manera correcta de acuerdo al pinado, tomando en cuenta que en algunas marcas de ECUs requieren conectar a masa el chasis de la computadora.
- El equipo dispone de una fuente de alimentación independiente para los sensores, sin embargo, también proporciona la opción de alimentar desde el módulo de control con el fin de evitar numerosas conexiones.
- Se debe seleccionar apropiadamente la configuración de los sensores con el que trabaja el módulo de control, puesto que el equipo dispone de señales analógicas y digitales según requiera el funcionamiento de la ECM, en el caso de que la configuración sea incorrecta no generará los parámetros adecuados de operación.
- Si el medidor de voltaje Digital marca un amperaje mayor a 3000mA apagar inmediatamente el equipo.

- No conectar fuentes de voltaje, masa, en los terminales tipo Jack.
- En el caso de que el equipo no encienda, reemplazar el fusible (3A) del circuito fuente ubicado en la parte posterior del banco.
- Para medir señales de las bobinas e inyectores mediante un osciloscopio es indispensable usar atenuadores para evitar daños en el equipo de medición, puesto que generan picos de voltaje excesivos.
- El equipo se diseñó para mantenerse en forma horizontal, se recomienda usar el banco en lugares estáticos para evitar caídas o daños en el mismo.

## Bibliografía

- Gussow. (1991). *Fundamento de Electricidad*.
- Orozco. (2006). *Sistema de combustible a carburador e Introducción a la inyección electrónica*.
- Rashid. (2000). *Circuitos Microelectronicos*.
- Baez, y Mogro. (2008). *ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO*. 163.
- Bosh. (2002). *Los sensores en el automóvil*. Reverte.
- Boylestad, R. L. (2004). *Introducción al análisis de circuitos*. Pearson Educación.
- Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2009). *Electrónica teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. Pearson Educación.
- Cajisaca, J., y Pinos, S. (2016). *Diseño y construcción de un banco comprobador de ECUS de sistemas de inyección de gasolina usando una tarjeta adquisición Arduino Mega*. Recuperado el 20 de Mayo del 2021 de:  
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5741>
- Concepcion, M. (2011). *Sensores Automotrices y Analisis de Ondas*. Mandy Concepcion.
- Constante, V. (2013a). *Artículo Científico—Diseño y construcción de un banco para comprobación y diagnóstico de ECUS utilizadas en la línea Chevrolet en Ecuador*. Recuperado el 20 de Mayo del 2021 de:  
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/7211>
- Constante, V. (2013b). *Diseño y construcción de un banco para comprobación y diagnóstico de ECUS utilizadas en la línea Chevrolet en Ecuador*.  
Recuperado el 21 de Mayo del 2021 de:  
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/7210>
- Floyd, T. L. (2007a). *Principios de circuitos eléctricos*. Pearson Educación Prentice Hall.

- Harper, G. E. (2002). *El ABC del control electrónico de la máquinas eléctricas*. Editorial Limusa.
- Hermosa, A. (2011). *Electrónica Aplicada*. Marcombo.
- Jara, E. (2011). *Desarrollo de un banco emulador universal para señales de sensores automotrices resistivos, inductivos y efecto hall, e implementación para los Laboratorios de la Escuela de Ingeniería Automotriz*. Recuperado el 25 de Mayo del 2021 de:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1337>
- Laica. (2012). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ*. 167.
- Mamani, C. (2015). Diseño e implementación de un simulador de parámetros de unidades de control electrónico automotrices (ECU) de vehículos a gasolina en la Región Puno para su diagnóstico modular. *Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez*. Recuperado el 25 de Mayo del 2021 de:  
<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/446>
- Nasri, O., Lakhali, N. M., Adouane, L., & Slama. (2019). Automotive decentralized diagnosis based on CAN real-time analysis. *Journal of Systems Architecture*, 98, 249-258. Recuperado el 26 de Mayo del 2021 de:  
<https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2019.01.009>
- Pascual, A. G., y Morera, X. A. (2005). *Instalaciones Eléctricas + CD*. Marcombo.
- Senner, A. (1992). *Principios de electrotecnia*. Reverte.
- Serravalle, J. (2011). *Bloques de trabajo en una ECU automotriz*. Recuperado el 28 de Mayo del 2021 de: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/327-bloques-de-trabajo-en-una-ecu-automotriz.html?tmpl=component&print=1>

- Vera, R. (2014). *Diseño y construcción de un comprobador de ECUS para los sistemas de inyección a gasolina*. Recuperado el 29 de Mayo del 2021 de:  
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3628>
- Santander. (2005). *Mecánica y Electrónica Automotriz*.

## Anexos