



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Proceso de diagnóstico mecánico y electrónico del sistema de inyección electrónica de motores de combustión

Maisincho Guanoluisa, Bryan Alejandro y Masaquiza Masaquiza, Luis Enrique

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán MSc.

18 de agosto del 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenidos



TRABAJO DE INTEGRACION ESPE MAI...

Scan details

Scan time:
August 17th, 2023 at 4:28 UTC

Total Pages:
132

Total Words:
32794

Plagiarism Detection



| Types of plagiarism | Percentage | Words |
|---------------------|------------|-------|
| Identical | 0.4% | 138 |
| Minor Changes | 0.1% | 35 |
| Paraphrased | 0.4% | 145 |
| Omitted Words | 6.8% | 2214 |

AI Content Detection



Text coverage
 AI text
 Human text

Plagiarism Results: (8)

Copyleaks Internal Database

0.5%

No introduction available.

Copyleaks Internal Database

0.5%

No introduction available.



.....

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán MSc.

C. C: 0501432637



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: "Proceso de diagnóstico mecánico y electrónico del sistema de inyección electrónica de motores de combustión" fue realizado por los señores Maisincho Guanoluisa, Bryan Alejandro y Masaquiza Masaquiza, Luis Enrique, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 18 de agosto de 2023

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán MSc.

C. C: 0501432637



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, Maisincho Guanoluisa, Bryan Alejandro y Masaquiza Masaquiza, Luis Enrique, con cédulas de ciudadanía n° 1721077624 y 1850592781 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: "Proceso de diagnóstico mecánico y electrónico del sistema de inyección electrónica de motores de combustión" 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, 18 de agosto de 2023

Maisincho Guanoluisa, Bryan Alejandro

C.C.: 1721077624

Masaquiza Masaquiza, Luis Enrique

C.C.: 1850592781



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros Maisincho Guanoluisa, Bryan Alejandro y Masaquiza Masaquiza, Luis Enrique, con cédulas de ciudadanía n° 1721077624 y 1850592781 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "Proceso de diagnóstico mecánico y electrónico del sistema de inyección electrónica de motores de combustión", en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 18 de agosto de 2023

Maisincho Guanoluisa, Bryan Alejandro

C.C.: 1721077624

Masaquiza Masaquiza, Luis Enrique

C.C.: 1850592781

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a Dios, a mis padres Alejandro Maisincho y Elena Guanoluisa por ser pilar fundamental a lo largo de mi carrera.

A mi futura esposa Alexandra Guamantica por estar presente en cada paso de mi carrera y haber cambiado mi manera de pensar.

A mi abuelita María Elena Guanoluisa que desde el cielo me cuida y nunca perdió la esperanza de que llegara a ser un profesional, espero estes orgullosa de mí.

BRYAN ALEJANDRO MAISINCHO GUANOLUISA

Agradecimiento

Doy gracias a Dios por todas las bendiciones que ha derramado a lo largo de mi carrera. A mi padre Alejandro Maisincho, por haber sembrado en mí el gusto y el amor por la mecánica automotriz y enseñarme que las ganas de salir adelante y el temple lo tapan todo. A mi madre Elena Guanoluisa por enseñarme que el esfuerzo y la perseverancia siempre dan sus frutos, por creer en mí cuando más lo necesitaba, por eso y muchas cosas más, no me alcanzará la vida para agradecer todo lo que ha hecho por mí.

A mis hermanos por todo su apoyo y ser esa fuerza que necesitaba en los momentos cuando sentía desfallecer.

A mi futura esposa Alexandra Guamantica, por llegar a mi vida y cambiarla por completo, por enseñarme que los sueños y todas las metas se cumplen cuando amas lo que haces y que de la mano de Dios todo se puede lograr.

Al Sr. Iban Guamantica y a la Sra. Lourdes Caizaluisa, por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida universitaria y por considerarme un miembro más de su familia.

A mi gran amigo Jonathan Ruiz y Luis Masaquiza, por todo el apoyo brindado a lo largo de esta carrera y a todos mis compañeros que a lo largo de esta carrera fueron parte de esta grata experiencia.

A todos los docentes de la carrera de ingeniería automotriz, por brindar todos sus conocimientos los mismos que servirán en esta nueva etapa profesional.

BRYAN ALEJANDRO MAISINCHO GUANOLUISA

Dedicatoria

EL presente trabajo de integración curricular dedico en primer lugar a Dios por bendecirme y cuidarme a lo largo de todo este camino de mi formación profesional, en segundo lugar, dedico a mi padre José y mi madre Dolores por apoyarme, brindarme su apoyo condicional y formarme con valores de respeto, disciplina y responsabilidad.

A mis hermanas Jessica y María por ser ese ejemplo de superación y motivación. Asimismo, dedico a mis abuelitos kushita mamita Juana y abuelito Manuel, que son mis angelitos que estuvieron conmigo no físicamente pero siempre supe que estuvieron espiritualmente. Finalmente, dedico a todas esas personas que fueron muy importantes a lo largo de este camino.

LUIS ENRIQUE MASAQUIZA MASAQUIZA

Agradecimiento

A Dios porque con su bendición siempre me dio las fuerzas para continuar y levantarme con cada tropiezo, por guiarme a cumplir este objetivo por el que he trabajado.

Hoy y siempre estaré agradecido con mis padres que con su sacrificio me han brindado todo para culminar mis estudios y cumplir ese sueño tan anhelado que tuvo su hijo desde pequeño. De igual forma agradezco a mis hermanas por todo el apoyo recibido.

A mi abuelita kushita mamita Juana por ser mi segunda madre que siempre estuvo ahí conmigo apoyándome, cuidándome y siempre la llevaré en mi corazón.

Agradezco de manera muy especial al Ing. Germán Erazo director del proyecto de investigación el cual ha sabido compartir sus conocimientos, por el tiempo invertido y su apoyo incondicional. También agradezco a mis compañeros Jonathan Ruiz y Alejandro Maisincho por ser unos amigos y personas extraordinarias. Además, agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por abrirme las puertas y brindarme el conocimiento a través de la docencia e investigación.

Finalmente, agradezco a todas las personas que me apoyaron y estuvieron a lo largo de todo este camino de mi formación profesional.

LUIS ENRIQUE MASAQUIZA MASAQUIZA

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| Carátula..... | 1 |
| Reporte de verificación de contenidos..... | 2 |
| Certificación | 3 |
| Responsabilidad de Autoría..... | 4 |
| Autorización de Publicación | 5 |
| Dedicatoria..... | 6 |
| Agradecimiento | 7 |
| Dedicatoria..... | 8 |
| Agradecimiento | 9 |
| Índice de contenido | 10 |
| Índice de tablas..... | 16 |
| Índice de figuras..... | 18 |
| Resumen | 24 |
| Abstract..... | 25 |
| Capítulo I: Marco metodológico | 26 |
| Antecedentes investigativos | 26 |
| Planteamiento del problema | 28 |
| Descripción resumida de investigación..... | 29 |
| Justificación e importancia | 29 |
| Objetivos | 31 |

| | |
|--|----|
| <i>Objetivo general</i> | 31 |
| <i>Objetivos específicos</i> | 31 |
| Metas del proyecto | 31 |
| Hipótesis..... | 31 |
| Variables de investigación | 31 |
| <i>Variable independiente</i> | 31 |
| <i>Variable dependiente</i> | 32 |
| Metodología de desarrollo del proyecto | 32 |
| Capítulo II: Marco teórico..... | 38 |
| Tiempos del motor | 38 |
| <i>Admisión</i> | 38 |
| <i>Compresión</i> | 38 |
| <i>Explosión</i> | 38 |
| <i>Escape</i> | 38 |
| Introducción al sistema de inyección electrónica..... | 40 |
| Clasificación de sistemas de inyección de gasolina | 41 |
| <i>Según el lugar donde inyectan</i> | 43 |
| <i>Según el número de inyectores</i> | 44 |
| <i>Según el número de inyecciones</i> | 46 |
| <i>Según las características de funcionamiento</i> | 49 |

| | |
|--|-----|
| Elementos eléctricos electrónicos usados en inyección de gasolina..... | 55 |
| <i>Termistores</i> | 55 |
| <i>Potenciómetro</i> | 56 |
| <i>Sensor de Efecto Hall</i> | 57 |
| <i>Sensor Óptico</i> | 59 |
| <i>Sensor Inductivo</i> | 60 |
| <i>Sensor Piezoeléctrico</i> | 61 |
| Diagramas eléctricos electrónicos | 63 |
| Figura de Lissajous | 64 |
| Subsistemas del sistema de inyección de gasolina | 70 |
| <i>Subsistema de control electrónico</i> | 70 |
| Constitución de la ECU..... | 90 |
| <i>Circuito fuente</i> | 91 |
| <i>Circuito de entrada (Periférico)</i> | 92 |
| <i>Bloque de procesamiento</i> | 93 |
| <i>Circuito de salida (Drivers)</i> | 94 |
| <i>Subsistema de alimentación</i> | 106 |
| <i>Subsistema de control de aire</i> | 111 |
| <i>Subsistema autodiagnóstico</i> | 113 |
| Parámetros de información del programa PID's | 116 |

| | |
|--|-----|
| Oscilograma de presión del cilindro | 117 |
| Capítulo III: Protocolo de pruebas..... | 123 |
| Introducción..... | 123 |
| Levantamiento de requerimientos | 123 |
| <i>FADOS9F1</i> | 123 |
| <i>Osciloscopio Automotriz Hantek 1008C 8CH</i> | 125 |
| <i>Multímetro Digital ALLOSUN EM135</i> | 127 |
| <i>Pinza Amperimétrica</i> | 128 |
| <i>ALLDATA</i> | 129 |
| <i>RaceTec Manager</i> | 130 |
| Especificaciones del motor de combustión interna | 131 |
| Instalación del sistema | 132 |
| Puesta a punto de los sistemas principales del m.c.i. | 135 |
| <i>Sistema de distribución</i> | 136 |
| <i>Sistema de alimentación</i> | 137 |
| <i>Sistema de lubricación</i> | 137 |
| <i>Sistema de encendido</i> | 138 |
| <i>Sistema de refrigeración</i> | 139 |
| <i>Sistema de arranque</i> | 140 |
| Obtención de pin code | 141 |

| | |
|---|-----|
| <i>Conector Principal</i> | 141 |
| <i>Conector secundario</i> | 143 |
| Trazado de instalación de eléctrica | 146 |
| Diagnóstico mecánico..... | 147 |
| <i>Compresión relativa</i> | 147 |
| <i>Prueba de presión en el cilindro</i> | 150 |
| Diagnóstico electrónico | 154 |
| <i>Sensor IAT (temperatura del aire de admisión)</i> | 154 |
| <i>Sensor ECT (temperatura del refrigerante)</i> | 159 |
| <i>Sensor TPS (sensor de posición del acelerador)</i> | 166 |
| <i>Sensor CKP (posición del cigüeñal)</i> | 174 |
| <i>Válvula IAC (control de aire de ralentí)</i> | 180 |
| <i>Inyectores</i> | 182 |
| <i>Bobina de encendido</i> | 192 |
| <i>Bomba de combustible</i> | 199 |
| <i>Ventilador eléctrico</i> | 204 |
| Capítulo IV: Marco administrativo | 209 |
| Recursos | 209 |
| <i>Recursos humanos</i> | 209 |
| <i>Recursos tecnológicos</i> | 209 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| <i>Recursos materiales</i> | 210 |
| <i>Recursos financieros</i> | 211 |
| Conclusiones..... | 213 |
| Recomendaciones..... | 215 |
| Bibliografía | 216 |
| Anexos | 223 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 <i>Código de colores</i> | 64 |
| Tabla 2 <i>Características de FADOS9F1</i> | 124 |
| Tabla 3 <i>Características del Osciloscopio Automotriz Hantek 1008C 8CH</i> | 126 |
| Tabla 4 <i>Características del Multímetro Digital ALLOSUN EM135</i> | 128 |
| Tabla 5 <i>Información del motor Hyundai S-Coupe 1995</i> | 131 |
| Tabla 6 <i>Rendimiento del motor Hyundai S-Coupe 1995</i> | 132 |
| Tabla 7 <i>Proceso de instalación de la unidad de control programable</i> | 132 |
| Tabla 8 <i>Sistema de alimentación</i> | 137 |
| Tabla 9 <i>Sistema de lubricación</i> | 138 |
| Tabla 10 <i>Sistema de encendido</i> | 139 |
| Tabla 11 <i>Sistema de refrigeración</i> | 140 |
| Tabla 12 <i>Sistema de arranque</i> | 140 |
| Tabla 13 <i>Conector del ramal eléctrico principal</i> | 141 |
| Tabla 14 <i>Datos del conector secundario de la RACETEC R750</i> | 144 |
| Tabla 15 <i>Datos del sensor IAT</i> | 154 |
| Tabla 16 <i>Resistencia del sensor IAT</i> | 155 |
| Tabla 17 <i>Voltaje del sensor IAT</i> | 156 |
| Tabla 18 <i>Resistencia y Voltaje de señal en función de la temperatura</i> | 157 |
| Tabla 19 <i>Datos del sensor ECT</i> | 160 |
| Tabla 20 <i>Resistencia del sensor ECT</i> | 160 |
| Tabla 21 <i>Voltajes del sensor ECT</i> | 161 |
| Tabla 22 <i>Resistencia y Voltaje de señal en función de la temperatura</i> | 165 |
| Tabla 23 <i>Datos del sensor TPS</i> | 167 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 24 Resistencia del sensor TPS | 168 |
| Tabla 25 Voltaje del sensor TPS | 168 |
| Tabla 26 Resistencia del sensor TPS en función de los grados de apertura | 171 |
| Tabla 27 Voltaje de señal del sensor TPS en función de las revoluciones del motor | 172 |
| Tabla 28 Datos del sensor CKP | 175 |
| Tabla 29 Resistencia del sensor CKP | 175 |
| Tabla 30 Datos obtenidos en el oscilograma del sensor CKP | 179 |
| Tabla 31 Resistencias de la válvula IAC | 181 |
| Tabla 32 Datos del inyector | 183 |
| Tabla 33 Voltaje del inyector | 184 |
| Tabla 34 Tiempo de inyección del inyector | 185 |
| Tabla 35 Datos de la bobina de encendido | 193 |
| Tabla 36 Resistencia de la bobina | 194 |
| Tabla 37 Voltajes de la bobina | 194 |
| Tabla 38 Datos de la bomba de combustible | 200 |
| Tabla 39 Resistencia de la bomba de combustible | 200 |
| Tabla 40 Voltajes de la bomba de combustible | 201 |
| Tabla 41 Datos del ventilador eléctrico | 204 |
| Tabla 42 Resistencia del ventilador eléctrico | 205 |
| Tabla 43 Voltajes del ventilador eléctrico | 206 |
| Tabla 44 Recursos Humanos | 209 |
| Tabla 45 Recursos tecnológicos | 210 |
| Tabla 46 Recursos materiales | 210 |
| Tabla 47 Costo total del proyecto | 211 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 <i>Ciclo de trabajo del motor Otto de cuatro tiempos</i> | 39 |
| Figura 2 <i>Ciclo de trabajo real del motor Otto de cuatro tiempos</i> | 40 |
| Figura 3 <i>Inyección de gasolina</i> | 42 |
| Figura 4 <i>Inyección directa de combustible</i> | 43 |
| Figura 5 <i>Inyección indirecta de combustible</i> | 44 |
| Figura 6 <i>Inyección mono punto</i> | 45 |
| Figura 7 <i>Inyección multipunto</i> | 46 |
| Figura 8 <i>Inyección continua</i> | 47 |
| Figura 9 <i>Inyección simultánea</i> | 48 |
| Figura 10 <i>Inyección semi secuencial</i> | 48 |
| Figura 11 <i>Inyección secuencial</i> | 49 |
| Figura 12 <i>Inyección K-Jetronic</i> | 50 |
| Figura 13 <i>Inyección KE-Jetronic</i> | 50 |
| Figura 14 <i>Inyección L-Jetronic</i> | 51 |
| Figura 15 <i>Inyección LE-Jetronic</i> | 52 |
| Figura 16 <i>Inyección Mono-Jetronic</i> | 53 |
| Figura 17 <i>Inyección Motronic</i> | 53 |
| Figura 18 <i>Inyección ME Motronic</i> | 54 |
| Figura 19 <i>Termistor</i> | 56 |
| Figura 20 <i>Potenciómetro</i> | 57 |
| Figura 21 <i>Sensor de Efecto Hall</i> | 58 |
| Figura 22 <i>Sensor Óptico</i> | 60 |
| Figura 23 <i>Sensor Inductivo</i> | 61 |

| | |
|--|----|
| Figura 24 <i>Sensor Piezoeléctrico</i> | 62 |
| Figura 25 <i>Figuras de Lissajous típicas para diferentes señales</i> | 65 |
| Figura 26 <i>Figura de Lissajous de un circuito abierto</i> | 66 |
| Figura 27 <i>Figura de Lissajous de un circuito en corto</i> | 67 |
| Figura 28 <i>Figura de Lissajous de un potenciómetro</i> | 67 |
| Figura 29 <i>Figura de Lissajous de una resistencia</i> | 68 |
| Figura 30 <i>Figura de Lissajous de una bobina</i> | 68 |
| Figura 31 <i>Figura de Lissajous de un diodo</i> | 69 |
| Figura 32 <i>Figura de Lissajous de un transistor</i> | 69 |
| Figura 33 <i>Circuito y sensor TPS</i> | 71 |
| Figura 34 <i>Características del sensor TPS</i> | 72 |
| Figura 35 <i>Circuito y sensor MAF</i> | 74 |
| Figura 36 <i>Características del sensor MAF</i> | 75 |
| Figura 37 <i>Circuito y sensor IAT</i> | 76 |
| Figura 38 <i>Circuito y sensor IAT</i> | 77 |
| Figura 39 <i>Circuito y sensor EGO</i> | 79 |
| Figura 40 <i>Características del sensor EGO</i> | 80 |
| Figura 41 <i>Circuito y sensor MAP</i> | 82 |
| Figura 42 <i>Características del sensor MAP</i> | 83 |
| Figura 43 <i>Circuito y sensor CKP</i> | 84 |
| Figura 44 <i>Circuito y sensor CMP</i> | 85 |
| Figura 45 <i>Circuito y sensor WTS</i> | 87 |
| Figura 46 <i>Características del sensor WTS</i> | 88 |
| Figura 47 <i>Circuito y sensor VSS</i> | 89 |

| | |
|---|-----|
| Figura 48 <i>PCM</i> | 90 |
| Figura 49 <i>Circuito fuente</i> | 92 |
| Figura 50 <i>Bloque de procesamiento</i> | 94 |
| Figura 51 <i>Composición de la unidad de control electrónico</i> | 95 |
| Figura 52 <i>Características de los inyectores de gasolina</i> | 97 |
| Figura 53 <i>Inyectores de gasolina</i> | 98 |
| Figura 54 <i>Bobina de encendido</i> | 99 |
| Figura 55 <i>Características de la válvula IAC</i> | 100 |
| Figura 56 <i>Válvula IAC</i> | 101 |
| Figura 57 <i>Características de la válvula EGR</i> | 102 |
| Figura 58 <i>Válvula EGR</i> | 103 |
| Figura 59 <i>Características de la electrobomba de gasolina</i> | 104 |
| Figura 60 <i>Electrobomba de combustible</i> | 105 |
| Figura 61 <i>Sistema de encendido electrónico</i> | 106 |
| Figura 62 <i>Depósito de combustible</i> | 107 |
| Figura 63 <i>Bomba de gasolina</i> | 107 |
| Figura 64 <i>Mangueras de alimentación de combustible</i> | 108 |
| Figura 65 <i>Filtro de gasolina</i> | 109 |
| Figura 66 <i>Regulador de presión</i> | 110 |
| Figura 67 <i>Inyectores</i> | 110 |
| Figura 68 <i>Piezas que integran al sistema de admisión</i> | 112 |
| Figura 69 <i>Terminales del Conector OBDII</i> | 114 |
| Figura 70 <i>Clasificación de los códigos DTC</i> | 115 |
| Figura 71 <i>PID's</i> | 116 |

| | |
|---|-----|
| Figura 72 <i>Oscilograma de presión de cilindro</i> | 117 |
| Figura 73 <i>Comprobación de sellado de válvulas</i> | 118 |
| Figura 74 <i>Rampa de escape</i> | 119 |
| Figura 75 <i>Ciclo de expulsión de gases</i> | 119 |
| Figura 76 <i>Rampa de admisión</i> | 120 |
| Figura 77 <i>Rampa de admisión</i> | 121 |
| Figura 78 <i>Comparación del vacío generado en el escape y la admisión</i> | 122 |
| Figura 79 <i>FADOS9F1</i> | 124 |
| Figura 80 <i>Osciloscopio Automotriz HANTEK 1008C 8CH</i> | 126 |
| Figura 81 <i>Multímetro Digital ALLOSUN EM135</i> | 127 |
| Figura 82 <i>Pinza Amperimétrica</i> | 129 |
| Figura 83 <i>ALLDATA</i> | 129 |
| Figura 84 <i>RaceTec Manager</i> | 130 |
| Figura 85 <i>Alineación de marcas de reglaje para la sustitución de la correa de distribución</i> | 136 |
| Figura 86 <i>Conector del ramal eléctrico principal</i> | 141 |
| Figura 87 <i>Conector del ramal eléctrico secundario</i> | 143 |
| Figura 88 <i>Diagrama de la ECU RACETEC R750</i> | 146 |
| Figura 89 <i>Oscilograma de compresión relativa conectado únicamente la piza amperimétrica</i> | 148 |
| Figura 90 <i>Oscilograma de compresión relativa desconectado el primer cable de bujía</i> | 149 |
| Figura 91 <i>Oscilograma de compresión relativa conectada pinza amperimétrica y sonda de encendido</i> | 150 |
| Figura 92 <i>Oscilograma de presión del cilindro 1</i> | 152 |
| Figura 93 <i>Oscilograma de la falla del tubo de escape</i> | 153 |
| Figura 94 <i>Sensor IAT</i> | 154 |
| Figura 95 <i>Oscilograma del sensor IAT</i> | 157 |

| | |
|---|-----|
| Figura 96 <i>Gráfica de la resistencia y voltaje vs temperatura</i> | 158 |
| Figura 97 <i>Figura de Lissajous del sensor IAT</i> | 159 |
| Figura 98 <i>Sensor ECT</i> | 159 |
| Figura 99 <i>Oscilograma del sensor ECT a 52 °C</i> | 162 |
| Figura 100 <i>Oscilograma del sensor ECT a 70 °C</i> | 163 |
| Figura 101 <i>Oscilograma del sensor ECT a 85°C</i> | 163 |
| Figura 102 <i>Figura de Lissajous del sensor ECT</i> | 164 |
| Figura 103 <i>Gráfica de la resistencia y voltaje vs temperatura</i> | 166 |
| Figura 104 <i>Sensor TPS</i> | 166 |
| Figura 105 <i>Oscilograma del sensor TPS en ralentí</i> | 169 |
| Figura 106 <i>Oscilograma del sensor TPS a 2000 rpm</i> | 170 |
| Figura 107 <i>Oscilograma del sensor TPS a 4000 rpm</i> | 170 |
| Figura 108 <i>Oscilograma del sensor TPS</i> | 171 |
| Figura 109 <i>Gráfica de la resistencia vs grado de apertura del TPS</i> | 173 |
| Figura 110 <i>Gráfica del voltaje de señal vs las revoluciones del motor del TPS</i> | 173 |
| Figura 111 <i>Figura de Lissajous del sensor TPS</i> | 174 |
| Figura 112 <i>Sensor CKP</i> | 174 |
| Figura 113 <i>Oscilograma del sensor CKP en ralentí</i> | 176 |
| Figura 114 <i>Oscilograma del sensor CKP a 2000 rpm</i> | 177 |
| Figura 115 <i>Oscilograma del sensor CKP a 4000 rpm</i> | 177 |
| Figura 116 <i>Figura de Lissajous del sensor CKP</i> | 178 |
| Figura 117 <i>Gráfica de la frecuencia y período vs rpm</i> | 179 |
| Figura 118 <i>Válvula IAC</i> | 180 |
| Figura 119 <i>Figura de Lissajous de la Válvula IAC</i> | 182 |

| | |
|--|-----|
| Figura 120 <i> inyector del motor Hyundai Scoupe 1995</i> | 182 |
| Figura 121 <i> Resistencia del inyector</i> | 184 |
| Figura 122 <i> Oscilograma del inyector a 900 rpm</i> | 186 |
| Figura 123 <i> Oscilograma del inyector a 2000 rpm</i> | 186 |
| Figura 124 <i> Oscilograma del inyector a 4000 rpm</i> | 187 |
| Figura 125 <i> Oscilograma del inyector y del consumo de corriente del inyector</i> | 188 |
| Figura 126 <i> Oscilograma de los inyectores y del consumo de corriente del inyector</i> | 188 |
| Figura 127 <i> Gráfica del tiempo de apertura del inyector vs revoluciones del motor</i> | 189 |
| Figura 128 <i> Tiempo de inyección del inyector</i> | 190 |
| Figura 129 <i> Tiempo de inyección de los 4 inyectores y consumo de corriente</i> | 191 |
| Figura 130 <i> Figura de Lissajous del inyector</i> | 192 |
| Figura 131 <i> Bobina de encendido</i> | 192 |
| Figura 132 <i> Oscilograma de la bobina de encendido</i> | 195 |
| Figura 133 <i> Oscilograma de la bobina de encendido</i> | 196 |
| Figura 134 <i> Oscilograma del Consumo de corriente, ángulo de Dwell y tiempo de quemado</i> | 197 |
| Figura 135 <i> Figura de Lissajous de la bobina de encendido</i> | 198 |
| Figura 136 <i> Tiempo de carga, descarga, consumo de corriente y tiempo de quemado de la bobina</i> | 198 |
| Figura 137 <i> Bomba de combustible</i> | 199 |
| Figura 138 <i> Oscilograma del consumo de corriente al activarse y desactivarse</i> | 202 |
| Figura 139 <i> Figura de Lissajous de la bomba de combustible</i> | 203 |
| Figura 140 <i> Ventilador eléctrico</i> | 204 |
| Figura 141 <i> Oscilograma del consumo de corriente al activarse y desactivarse</i> | 207 |
| Figura 142 <i> Figura de Lissajous del ventilador</i> | 208 |

Resumen

En el trabajo de integración curricular basa su investigación en el proceso de diagnóstico mecánico y electrónico del sistema de inyección electrónica de motores de combustión, y contiene la siguiente información: El capítulo I abarca la metodología que se utilizó para el desarrollo del proyecto. En el capítulo II, mediante fuentes confiables se investigó información de suma importancia acerca de los sistemas y subsistemas de inyección de gasolina. En el capítulo III se desarrolló el protocolo de pruebas en el subsistema de control electrónico EFI, reprogramable considerando procesos que inician con el levantamiento de los requerimientos y requisitos necesarios para el desarrollo de las pruebas, se detalló la información de cada uno de los equipos de medición y comprobación electrónica, así como también, las especificaciones del motor de combustión interna para poder realizar mediciones necesarias. Se desarrolló la puesta a punto del motor, también el análisis y trazado de imágenes de Lissajous de los sensores y actuadores presentes en el motor para lo cual se utilizó equipos como: osciloscopio, interface FADOS9F1 y su a fin. En cuanto, el capítulo IV está conformado por el marco administrativo en donde se detallan los recursos tanto humanos como tecnológicos y un análisis de costo - beneficio del proyecto de investigación. Éste trabajo permitió comprender la importancia de la investigación previa, la utilización de herramientas, equipos especializados en el diagnóstico y reprogramación de las ECUs; Además, servirá como fuente de consulta para futuros proyectos e investigaciones. Finalmente, se establecen las conclusiones y recomendaciones del trabajo de integración curricular.

Palabras clave: Subsistema de control electrónico EFI, sensores, actuadores, imágenes de Lissajous, diagnóstico electrónico, diagnóstico mecánico

Abstract

In the work of curricular integration, he bases his research on the process of mechanical and electronic diagnosis of the electronic injection system of combustion engines, and contains the following information: Chapter I covers the methodology used for the development of the project. In chapter II, through reliable sources, extremely important information on gasoline injection systems and subsystems was investigated. In chapter III the test protocol was developed in the EFI electronic control subsystem, reprogrammable considering processes that begin with the lifting of the requirements and requirements necessary for the development of the tests, the information of each of the test equipment was detailed. proof. proof. electronic measurement and verification, as well as the specifications of the internal combustion engine to be able to carry out the necessary measurements. The tuning of the motor was developed, as well as the analysis and drawing of Lissajous images of the sensors and actuators present in the motor, for which equipment such as: oscilloscope, FADOS9F1 interface and its end were used. As regards, chapter IV is made up of the administrative framework where both human and technological resources are detailed and a cost-benefit analysis of the research project. This work allowed us to understand the importance of previous investigations, the use of tools, specialized equipment in the diagnosis and reprogramming of ECUs; In addition, it will serve as a reference source for future projects and research. Finally, the conclusions and recommendations of the curricular integration work are established.

Key words: EFI electronic control subsystem, sensors, actuators, Lissajous images, electronic diagnostics, mechanical diagnostics

Capítulo I

Marco metodológico

Antecedentes investigativos

El parque automotriz ha ido evolucionando considerablemente con nuevas tecnologías a través de la reprogramación de módulos automotrices, que ajustan el trabajo de sensores y actuadores, permitiendo que el mci funcione en óptimas condiciones, contribuyendo a disminuir la polución mejorando la calidad del aire.

Las computadoras reprogramables automotrices controlan el sistema de inyección, esto mediante el uso de software específico y dedicado ejecuta los cálculos en base a información generada por el motor de combustión interna, obtenida por medio de los sensores de la instalación general.

Las interfaces de las centralitas son aquellas que permiten la lectura de las cartografías de las mismas, acorde a Tinizaray (2015), “este tipo de máquinas pueden ser semiprofesionales o profesionales, aunque lamentablemente también se encuentra a un gran número de personas que realizan interfaces de poca calidad o clonadas que no son nada seguras, de tal manera que estos dispositivos son propensos a producir errores y generar problemas durante todo el proceso de lectura o escritura”

Los vehículos disponen de sistemas sofisticados, que requieren de un diagnóstico más complejo, es por eso que se ha incursionado en la generación de los procesos y protocolos de diagnóstico, reprogramación de computadoras automotrices genéricas que se encuentran implementadas en vehículos de competencia generalmente.

Los sistemas de las ECUS reprogramables según el Instituto de Automovilismo Deportivo (2022) pueden realizar el cambio de parámetros “mediante puertos OBD, pudiendo ser modificados mediante el uso de un portátil conectado al vehículo, en el que se podrá visualizar todas las características del

mismo". Si bien los programas que se utilizan en las ECUS programables son cada vez más fáciles de manipular, se debe tener un previo conocimiento acerca del funcionamiento y variación de los parámetros del motor con el objetivo de no averiar los equipos o el mismo motor.

La reprogramación de las computadoras automotrices, también conocida como "reflash" o "repro", ha sido una práctica común en la industria automotriz durante varias décadas. Antes de la introducción de la tecnología de la computadora en los automóviles, la mayoría de los ajustes de rendimiento se realizaban mediante la sustitución de piezas mecánicas. Sin embargo, con la introducción de sistemas electrónicos en los automóviles, como la inyección de combustible electrónica, los fabricantes comenzaron a utilizar computadoras para controlar y ajustar el rendimiento del motor.

En las primeras etapas de la electrónica en los automóviles, la reprogramación se realizaba principalmente para solucionar problemas técnicos o actualizar software de la computadora. Con el tiempo, los entusiastas del automovilismo y los mecánicos descubrieron que también podían reprogramar la computadora para mejorar el rendimiento del motor y aumentar la potencia.

Los tipos de ECUS reprogramables se han utilizado principalmente en vehículos que se preparan en competición, estos pueden ser para rally, trepada de montaña, entre otros. Los parámetros que estas centralitas pueden cambiar son de vital importancia en este tipo de competiciones, y por esta razón existen varios tipos de ECUS reprogramables en el mercado que acorde a Sandoval & Villareal (2017) son las siguientes: "Haltech platinum sport 2000, Motec M84, Electromotive Tec3-R, Megasquirt. Todas estas varían su precio acorde a la gama y a las capacidades que cada una presenta".

Desde entonces, la reprogramación de la computadora se ha vuelto más común y se ha convertido en una práctica habitual en el ajuste de motores. Los talleres de sintonización y los fabricantes de piezas de rendimiento ofrecen programas de reprogramación personalizados para una

amplia variedad de modelos de automóviles, lo que permite a los propietarios mejorar el rendimiento del motor de sus vehículos.

Planteamiento del problema

Uno de los principales problemas de la industria automotriz es la falta de conocimientos y capacitación por parte de la mayoría de mecánicas existentes en el país, lo que puede llevar a errores tanto costosos, como peligrosos al momento de reparar un vehículo.

En la actualidad la sofisticación de los vehículos modernos, con sistemas eléctrico y electrónicos cada vez más avanzados, plantea un reto extra para los profesionales de la mecánica automotriz. Estos deben mantenerse actualizados en las tecnologías y métodos más recientes para el diagnóstico y resolución de problemas.

Otro problema es el costo de adquirir y mantener estas herramientas es alto, en función de las prestaciones que se requiera lo que puede ser una barrera para su uso por parte de los propietarios de vehículos y los mecánicos. Es importante abordar estos problemas para garantizar un uso seguro y eficiente de estas herramientas en la industria automotriz.

Sin embargo, los sistemas de gestión electrónica del motor (ECU) que son controlados por un ordenador programable, pueden afectar indirectamente la potencia del motor. La ECU es responsable de controlar y optimizar la mezcla aire-combustible, el tiempo de encendido y otros parámetros del motor, lo que puede mejorar la eficiencia del combustible y aumentar la potencia.

Un ordenador programable puede ser utilizado para ajustar y personalizar la ECU, lo que permite realizar ajustes y mejoras en la programación para adaptarse a las necesidades específicas del vehículo y del conductor. Esto puede mejorar aún más la eficiencia y la potencia del motor. En resumen, aunque el ordenador programable en sí mismo no tiene un impacto directo en la potencia del motor,

puede mejorar la eficiencia y el rendimiento del motor a través de su uso en la gestión electrónica del motor.

Descripción resumida de investigación

A través de la UIC, se desarrolló el proyecto de graduación denominado DIAGNÓSTICO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO Y REPROGRAMACIÓN DE ECUS EN MOTORES CON SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA, en este contexto se realizó la investigación del estado del arte en fuentes de consulta confiables para posteriormente desarrollar las siguientes tareas que conforman el trabajo de graduación.

- Generar el proceso de diagnóstico mecánico y electrónico de sistema de inyección electrónica de motores de combustión.
- Desarrollar la puesta a punto del motor de combustión.
- Desarrollo de pruebas y puesta a punto del sistema de control electrónico
- Desarrollo de pruebas y puesta a punto del sistema hidráulico
- Desarrollo de pruebas y puesta a punto del sistema de control de aire.
- Diagnostico avanzado con equipos de medición.

Justificación e importancia

El avance tecnológico en el área automotriz, amerita que, como profesionales, se disponga con el nivel académico adecuado en el desarrollo de esta área especializada.

Los vehículos disponen de redes electrónicas de control y regulación. Conforme al avance tecnológico en estos sistemas ameritan un mayor conocimiento sobre sensores, actuadores y códigos de falla para efectuar un diagnóstico eficiente del vehículo.

La Unidad de Control Electrónica es un dispositivo esencial en el vehículo, que por cuestiones de uso entre otros factores está expuesto al daño, deterioro, hurto que puede ser cambiada o reparada

según las condiciones, por lo que es necesario disponer de alternativas y protocolos de prueba, reparación y puesta a punto de estos sistemas programables en conjunto con el sistema mecánico del motor de combustión, definidos en base a información técnica y especificaciones del fabricante.

El uso de computadores programables en la gestión electrónica del motor de gasolina es de gran importancia debido a las siguientes razones:

Control preciso: Un computador programable permite un control preciso y en tiempo real del motor, lo que permite optimizar la mezcla aire-combustible, el tiempo de encendido y otros parámetros del motor para mejorar la eficiencia y la potencia.

Flexibilidad: Los computadores programables son altamente flexibles y pueden adaptarse a diferentes tipos de motores y configuraciones, lo que los convierte en una solución ideal para aplicaciones de control de motores.

Personalización: Los computadores programables permiten ajustar y personalizar la ECU para adaptarse a las necesidades específicas del vehículo y del conductor, lo que puede mejorar aún más la eficiencia y el rendimiento del motor.

Diagnóstico y resolución de problemas: Los computadores programables también pueden ser utilizados para el diagnóstico y resolución de problemas del motor, lo que permite a los técnicos identificar y solucionar problemas de manera más rápida y eficiente.

Por lo tanto, el uso de computadores programables en la gestión electrónica del motor de gasolina es esencial para mejorar la eficiencia y la potencia del motor, así como para adaptarse a diferentes configuraciones y necesidades de los conductores. Además, permite un diagnóstico y resolución de problemas más eficiente y preciso.

Objetivos

Objetivo general

Generar el proceso de diagnóstico mecánico y electrónico del sistema de inyección electrónica de motores de combustión.

Objetivos específicos

- Diagnóstico y puesta a punto del motor de combustión con instrumentos de verificación y control.
- Desarrollo de pruebas y puesta a punto del sistema de control electrónico.
- Desarrollo y puesta a punto del sistema de control de aire.
- Desarrollo de pruebas y puesta a punto del sistema hidráulico.

Metas del proyecto

Disponer de un módulo de pruebas del motor de combustión interna con sistema reprogramable que permita desarrollar pruebas de diagnóstico mecánico y electrónico mediante el uso de instrumento de medición especializado.

Hipótesis

¿El desarrollo del proceso de diagnóstico mecánico y electrónico de sistema de inyección electrónica de motores de combustión permitirá obtener información técnica especializada para la puesta a punto del motor de combustión interna?

Variables de investigación

Variable independiente

- Diagnóstico mecánico electrónico EFI

Variable dependiente

- Puesta a punto del motor de combustión interna

Metodología de desarrollo del proyecto

Para dar el soporte correspondiente al aspecto metodológico, se obtuvo información de fuentes confiables como libros, lugares web, artículos científicos, publicaciones, boletines de revistas, bibliotecas virtuales y espacios de investigación.

Método deductivo. Se empleó para establecer los parámetros característicos del sistema de inyección de combustible, para que mediante la utilización de instrumentos de diagnóstico de punta se desarrolle el análisis y afinamiento del motor de combustión interna.

Método inductivo. Este método permitió que, mediante la verificación del sistema de control electrónico, hidráulico y de aire, se obtenga parámetros característicos del sistema de inyección de combustible, figuras de Lissajous para establecer métodos de verificación y pruebas.

Método analítico. Se analizó y se determinó las variaciones de los parámetros característicos generados, para establecer las funciones y ecuaciones necesarias que representen las curvas obtenidas en el proceso de diagnóstico. Se puede aplicó la metodología de síntesis para descomponer el sistema en sus componentes más simples, como el sistema de combustión, el sistema de inyección de combustible y subsistemas fundamentales.

Método de síntesis. En el diagnóstico electrónico de motores de combustión, la metodología de síntesis puede ser aplicada para identificar problemas en el sistema y encontrar soluciones efectivas. Una vez que se han identificado los componentes individuales del sistema, se pueden analizar sus relaciones y posibles causas de problemas. Por ejemplo, si se detecta un problema en el sistema de combustión, se puede analizar la relación entre el suministro de

combustible, la ignición y la salida de gases de escape. Al identificar la causa raíz del problema, se pueden implementar soluciones específicas y efectivas. Además, la metodología de síntesis también puede ser útil para desarrollar nuevas soluciones para mejorar el rendimiento del motor. Por ejemplo, se pueden descomponer los componentes del sistema y analizar cómo se pueden mejorar o reemplazar para mejorar la eficiencia del combustible o reducir las emisiones

Método experimental. La metodología experimental es una técnica utilizada en la investigación científica para establecer relaciones causa-efecto y obtener evidencia empírica de los fenómenos observados. En el diagnóstico electrónico de motores de combustión, la metodología experimental puede ser aplicada para probar hipótesis y validar soluciones propuestas.

Por ejemplo, si se ha identificado un problema en el sistema de inyección de combustible, se puede diseñar un experimento para probar una hipótesis sobre la causa del problema. Se puede utilizar un equipo de prueba de motores de combustión para simular condiciones de conducción y evaluar el rendimiento del motor mientras se realizan cambios en el sistema de inyección de combustible. Se pueden recopilar datos sobre el consumo de combustible, las emisiones y el rendimiento del motor y utilizarlos para evaluar la validez de la hipótesis.

Además, la metodología experimental también se puede utilizar para evaluar soluciones propuestas para problemas conocidos. Los resultados de los experimentos pueden ser utilizados para evaluar la efectividad de las soluciones y determinar la mejor opción para abordar el problema.

En resumen, la metodología experimental es una herramienta útil en el diagnóstico electrónico de motores de combustión, ya que permite probar hipótesis y validar soluciones

propuestas de manera empírica. Esto puede ayudar a identificar la causa raíz de los problemas y encontrar soluciones efectivas para mejorar el rendimiento y reducir las emisiones.

Método comparativo. El método comparativo es una técnica que se utiliza para el diagnóstico de fallas en motores de combustión interna. Este método se basa en comparar los resultados de las mediciones realizadas en diferentes partes del motor con los valores esperados para un motor en buen estado. A continuación, se detallan algunas de las aplicaciones del método comparativo en el diagnóstico electrónico de motores de combustión:

Diagnóstico de la compresión del motor: El método comparativo se puede utilizar para determinar si un motor tiene una compresión adecuada. Para ello, se miden los valores de la compresión en cada uno de los cilindros del motor y se comparan con los valores esperados. Si se encuentra una diferencia significativa en la compresión de uno o más cilindros en comparación con los valores esperados, se puede inferir que hay una falla en el motor.

Diagnóstico de la eficiencia del motor: El método comparativo se puede utilizar para determinar si un motor está funcionando de manera eficiente. Para ello, se miden la potencia, el consumo de combustible y las emisiones del escape y se comparan con los valores esperados para un motor en buen estado. Si se encuentra una diferencia significativa en cualquiera de estos valores en comparación con los valores esperados, se puede inferir que hay una falla en el motor.

Diagnóstico de fallas específicas: El método comparativo también se puede utilizar para diagnosticar fallas específicas en el motor, como problemas en la válvula de admisión, la bomba de combustible, el sistema de inyección de combustible, etc. Para ello, se miden los valores relevantes en cada uno de estos sistemas y se comparan con los valores esperados. Si se

encuentra una diferencia significativa en los valores en comparación con los valores esperados, se puede inferir que hay una falla en el sistema correspondiente.

Entonces el método comparativo es una técnica útil para el diagnóstico electrónico de motores de combustión interna, ya que permite identificar las fallas en el motor y en los sistemas asociados mediante la comparación de los valores medidos con los valores esperados para un motor en buen estado.

Método de observación directa. El método de observación directa es una técnica que se utiliza en el diagnóstico electrónico de motores de combustión interna EFI (Inyección Electrónica de Combustible) para identificar visualmente cualquier tipo de falla o anomalía que pueda estar presente en los componentes del sistema. A continuación, se describen algunas de las aplicaciones del método de observación directa en el diagnóstico electrónico de motores de combustión EFI:

Inspección visual de los componentes del sistema de inyección; la observación directa permite la identificación de cualquier tipo de falla o anomalía en los componentes del sistema de inyección, tales como cables, conectores, sensores, actuadores, válvulas, entre otros. Con esto, se puede determinar si alguno de estos componentes está dañado o en mal estado, lo que puede afectar el funcionamiento del motor.

Verificación del estado de las líneas de combustible; con la observación directa, se puede verificar visualmente el estado de las líneas de combustible, si hay alguna fuga o rotura en las mismas, lo que podría causar un mal funcionamiento del motor y poner en riesgo la seguridad del vehículo y sus ocupantes.

Detección de señales de advertencia; con el método de observación directa, es posible identificar señales de advertencia visibles, tales como humo del escape, ruido extraño,

vibraciones o cualquier otra señal que indique un problema con el motor. De esta manera, se pueden tomar medidas preventivas antes de que la falla se agrave y cause un daño mayor.

Verificación del estado del filtro de aire; la observación directa permite verificar el estado del filtro de aire, que es un componente importante del sistema de admisión del motor. Si el filtro está obstruido o sucio, esto puede causar una reducción en el rendimiento del motor y un aumento en el consumo de combustible.

El método de observación directa es una técnica importante y útil en el diagnóstico electrónico de motores de combustión interna EFI, ya que permite la identificación visual de cualquier tipo de falla o anomalía en los componentes del sistema, lo que puede ayudar a prevenir problemas mayores y a mejorar el rendimiento del motor.

Método de medición. El método de medición es una técnica fundamental en el diagnóstico electrónico de motores de combustión interna EFI (Inyección Electrónica de Combustible), que permite obtener datos precisos y fiables sobre el funcionamiento de los diferentes sistemas y componentes del motor. A continuación, se describen algunas de las aplicaciones del método de medición en el diagnóstico electrónico de motores de combustión EFI:

Medición de la presión del combustible. La medición de la presión del combustible es una técnica importante para diagnosticar fallas en el sistema de inyección de combustible. Si la presión es demasiado baja o demasiado alta, puede indicar un problema en la bomba de combustible, en los filtros de combustible o en los reguladores de presión.

Medición de la señal del sensor. La medición de la señal del sensor permite verificar si el sensor está funcionando adecuadamente y si está proporcionando información precisa al

sistema de control electrónico. Si la señal es incorrecta o está ausente, puede indicar un problema en el sensor o en el cableado.

Medición de la corriente y voltaje. La medición de la corriente y voltaje permite verificar el correcto funcionamiento de los componentes eléctricos del motor, tales como los inyectores de combustible, los actuadores y los sensores.

El método de medición es una técnica esencial en el diagnóstico electrónico de motores de combustión interna EFI, ya que permite obtener datos precisos y fiables sobre el funcionamiento de los diferentes sistemas y componentes del motor, lo que facilita la identificación de posibles fallas y su posterior reparación.

Capítulo II

Marco teórico

Tiempos del motor

Ocaña (2000) describe los tiempos o ciclos de funcionamiento de un motor de combustión interna. Estos tiempos o fases son: Admisión, Compresión, Explosión y Escape. Las cuales se describen a continuación:

Admisión

El primer tiempo en el ciclo real dura más de 180° de giro. La válvula de admisión tiene un adelanto de apertura de 10° a 15° (AAA) y el cierre de la válvula no se produce a lo que el pistón alcanza el punto muerto inferior, sino que se retrasa el cierre de la válvula de 40° a 45° (RCA). Con este adelanto de apertura y retraso de cierre de la válvula se aprovecha la inercia de los gases.

Compresión

El segundo tiempo dura menos de 180° de giro. Antes de que el pistón alcance el punto muerto superior se produce el salto de la chispa, avance de encendido (AE). Esto se realiza debido a la explosión, tarda 2 ms.

Explosión

El tercer tiempo comienza justo cuando se produce la explosión de la mezcla. Las válvulas se mantienen cerradas y el pistón desciende del punto muerto superior al punto muerto inferior. Antes de que el pistón haya terminado su recorrido la válvula de escape abre.

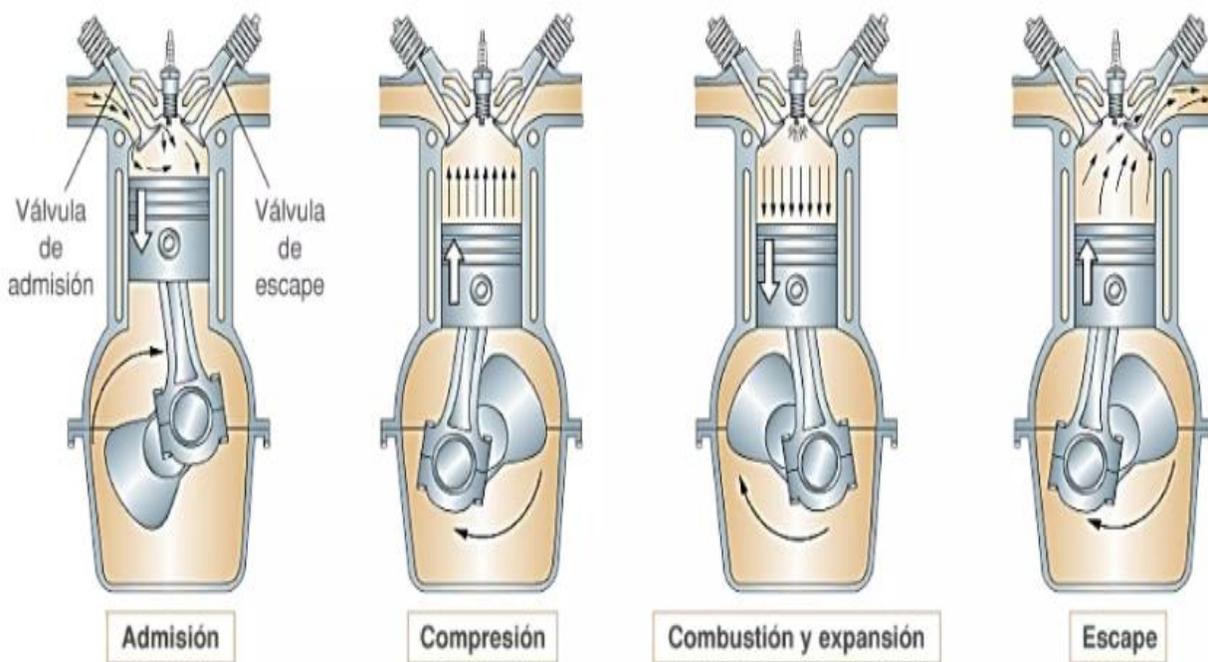
Escape

En el cuarto tiempo la válvula de escape adelanta su apertura de 40° a 50° (AAE), para aprovechar la presión interna y que los gases salgan rápidamente. La válvula no cierra

inmediatamente cuando el pistón alcanza el punto muerto superior, sino que, tiene un retraso de cierre de 15° a 20° (RCE) para aprovechar la inercia de los gases y que estos salgan al exterior. Este último tiempo dura más de 180° de giro. (págs. 28-31)

Figura 1

Ciclo de trabajo del motor Otto de cuatro tiempos

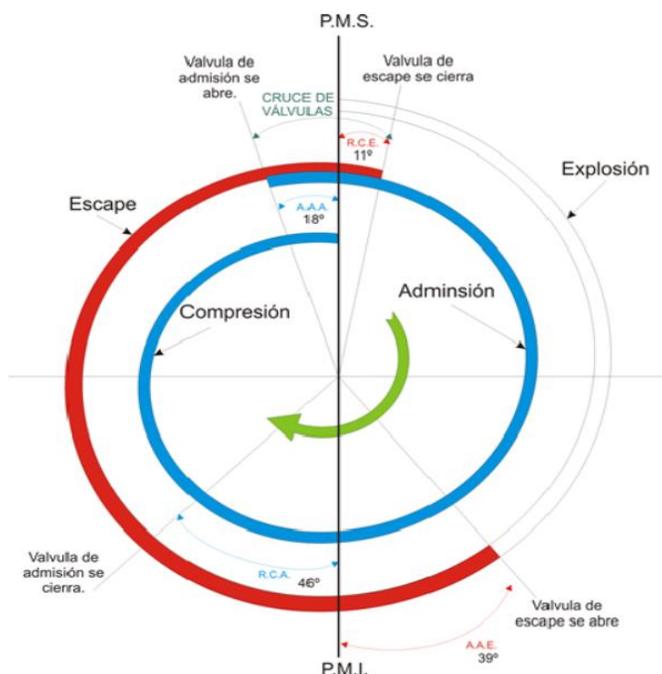


Nota. En la figura se muestra el ciclo de trabajo del motor Otto de cuatro tiempos los cuales son:

admisión, compresión, combustión y escape. Tomado de (Colado, 2015).

Figura 2

Ciclo de trabajo real del motor Otto de cuatro tiempos



Nota. En la figura se muestra el ciclo de trabajo real del motor otto de cuatro tiempos en donde se puede observar el ángulo (18°) de avance a la apertura de admisión (AAA), el ángulo (46°) de retraso al cierre de la admisión (RCA), el ángulo (39°) de avance a la apertura de escape (AAE) y el ángulo (11°) de retraso al cierre de escape (RCE). Tomado de (Rodríguez J. , 2019).

Introducción al sistema de inyección electrónica

Ramirez & Suarez (1996) manifiestan que la inyección electrónica presente en los motores de combustión interna ha sido un avance tecnológico enorme, ya que, desde la antigüedad, buscar una solución a los problemas de emisiones de gases donde los vehículos son uno de los principales contaminantes, ha sido todo un reto para la industria automotriz. Sin contar que este sistema proporciona una solución eficaz a problemas tales como: economía del combustible, emisiones contaminantes, funcionamiento y rendimiento del motor.

Para Martí (1990), el sistema de inyección electrónica de gasolina es una alternativa al carburador para la alimentación de combustible en los motores de combustión interna y pretende: “Conseguir una dosificación del combustible lo más ajustada posible a las condiciones de marcha y estado del motor, consiguiéndolo a cambio de una mayor complejidad de los componentes del motor”. (pág. 4)

De acuerdo con Amán & Castelo (2012) los componentes que intervienen y hacen posible este proceso son los sensores, estos se encargan de presentar en tiempo real las condiciones y el funcionamiento que el motor está presentando durante su funcionamiento. Las señales que se presentan durante el proceso son almacenadas y evaluadas en la computadora o también denominada ECU (Unidad de Control Electrónico), con el propósito de proporcionar un correcto desempeño por parte de los actuadores

Los avances desarrollados a lo largo de este tiempo con respecto a la inyección electrónica de gasolina, ha permitido que la alimentación de los motores de explosión esté cerca de los límites de la perfección, siendo así, el sistema más utilizado alrededor del mundo y dejando casi obsoleto el sistema de carburación de gasolina.

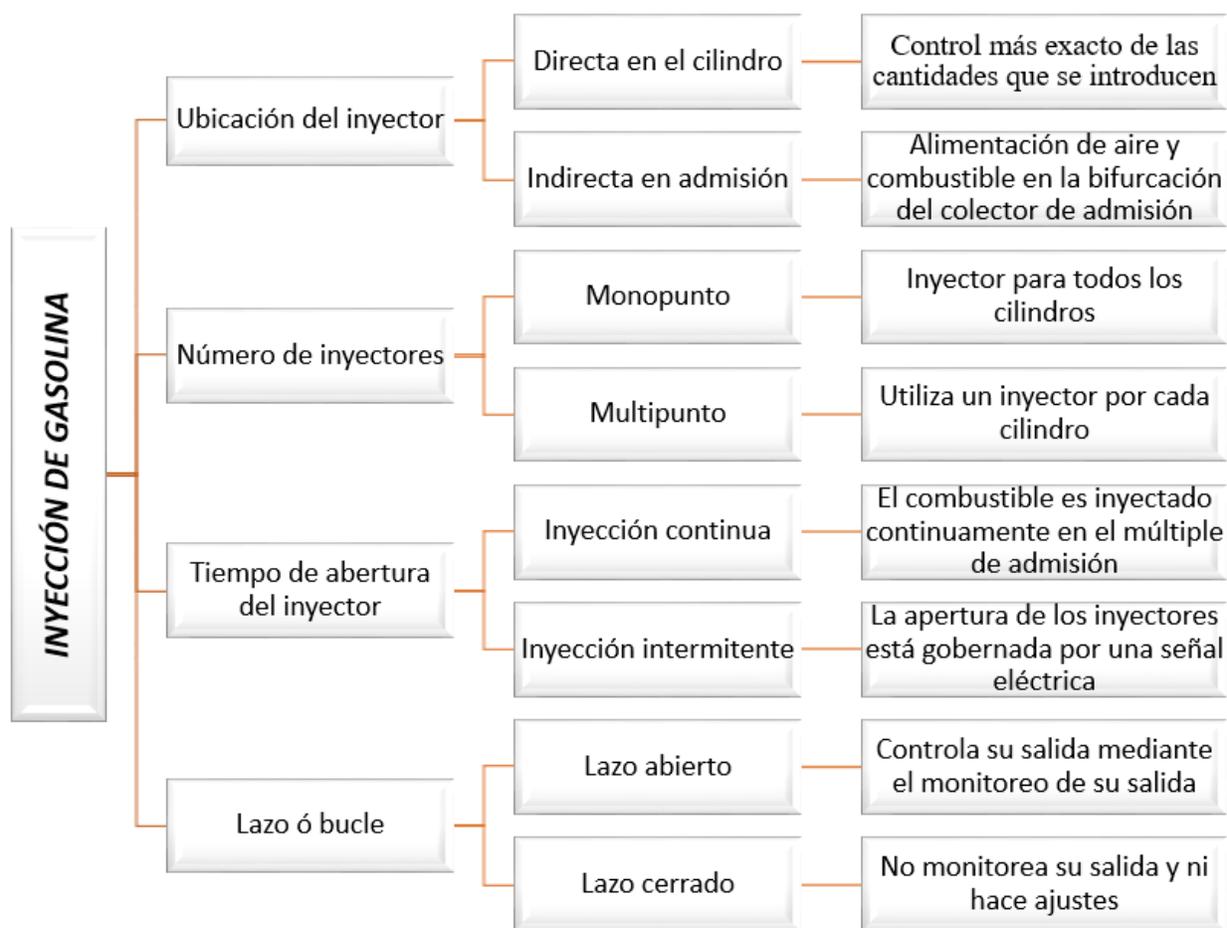
Clasificación de sistemas de inyección de gasolina

López (2021) menciona que el subsistema de inyección a gasolina es el encargado de alimentar a los motores de combustión interna con combustible. Para lo cual la Unidad de Control Electrónica (ECU) recibe la información de dispositivos de control electrónico y se encarga de calcular el tiempo de apertura de los inyectores en cada ciclo, el resultado de ello se procura alcanzar la mezcla perfecta entre aire y gasolina, por consiguiente, este proceso debe ejecutar en el momento exacto, en cantidades correctas y a una presión adecuada. Para clasificar cada inyección de gasolina se debe tener en cuenta la

cantidad de inyectores en el sistema, su ubicación, la forma y sincronización de las inyecciones, y el sistema que acciona a cada uno de ellos.

Figura 3

Inyección de gasolina



Nota. En la figura se muestra la clasificación del subsistema de inyección a gasolina.

Para clasificar a los sistemas de inyección electrónica de gasolina que son utilizados en la actualidad se considera ciertos aspectos que se detallan a continuación:

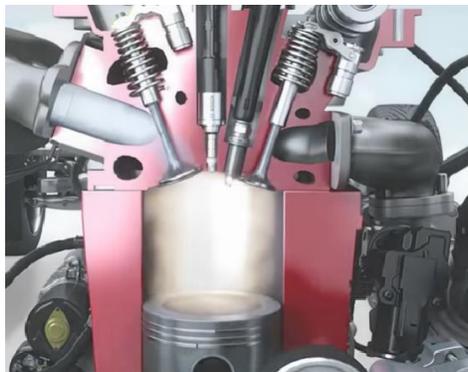
Según el lugar donde inyectan

Inyección directa

Acorde a Bosch (2015), este sistema es uno de los más actuales en la industria automotriz, llegando así, a ocupar la cuarta parte del parque automotor alrededor del mundo. La inyección directa de gasolina o también llamada GDI (Gasoline Direct Injection) se caracteriza por presentar un inyector en cada cilindro, estos son los encargados de introducir el combustible de forma directa a la cámara de combustión después que el motor haya comprimido a alta presión el aire aspirado. De esta forma se obtiene una mayor relación de compresión, mejor arranque en frío, menor ralentí y menor temperatura del motor. Este sistema es utilizado por algunas compañías automotrices como: Bosch, Volkswagen, Renault, Mitsubishi, entre otras.

Figura 4

Inyección directa de combustible



Nota. En la figura se muestra la posición del inyector de gasolina el cual está ubicado directamente en la cámara de combustión. Tomado de (Bosch, 2015).

Inyección indirecta

Según Molina (2007), la inyección indirecta es un sistema en donde los inyectores están ubicados en el propio múltiple de admisión y cerca de la válvula de admisión. Estos inyectores se

encargan de suministrar el combustible logrando así, que se mezcle con el aire antes de entrar al cilindro. En la actualidad, este sistema es el más utilizado en los vehículos de gasolina debido al costo de construcción de los mismos.

Figura 5

Inyección indirecta de combustible



Nota. En la figura se muestra la posición del inyector, el mismo que se encuentra fuera de la cámara de combustión. Tomado de (Bosch, 2014).

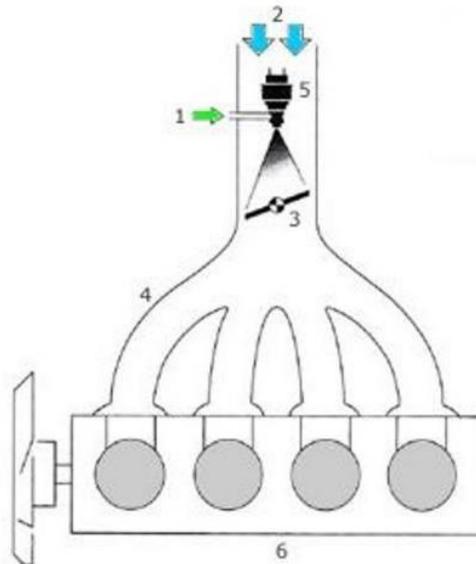
Según el número de inyectores

Acorde al número de inyectores Arotoma (2018) detalla los siguientes tipos:

Inyección mono punto

Este sistema de inyección fue uno de los primeros en el ámbito automotriz. Este se caracteriza por tener un solo inyector que permite la introducción del combustible en el colector de admisión, de esta manera la mezcla de aire combustible se desarrolla en el mismo colector.

Presentando grandes similitudes con el sistema de carburador con la diferencia que el ingreso de combustible en la inyección es por pulverización y en la carburación por emulsión.

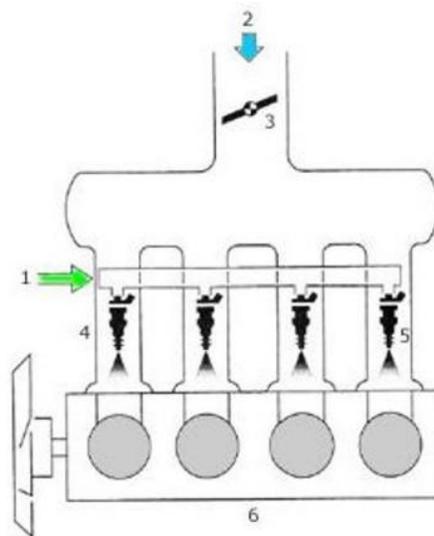
Figura 6*Inyección mono punto*

Nota. En la figura se observa que existe un inyector en el colector de admisión para los cuatro cilindros del motor. Tomado de (Ferrer, 2021).

Inyección multipunto

El sistema de inyección multipunto obtiene su nombre debido a que tiene un inyector para cada cilindro. Este tipo de inyección puede ser de forma directa si los inyectores están presentes cerca de la cámara de combustión e indirecta si los inyectores se encuentran fuera de la misma en el colector de admisión.

Al colocar un inyector a cada cilindro, se regula la cantidad de gasolina durante la combustión, de esta forma que el sistema se vuelve más eficiente. La inclinación de los inyectores es de suma importancia, ya que de esta depende que la pulverización de los mismos sea más eficaz.

Figura 7*Inyección multipunto*

Nota. En la figura se observa que existe un inyector para los cuatro cilindros del motor. Tomado de (Ferrer, 2021).

Según el número de inyecciones

Dependiendo del modo de inyección que se le aplicará al combustible. Castro (2013) propone la siguiente clasificación:

Inyección continua

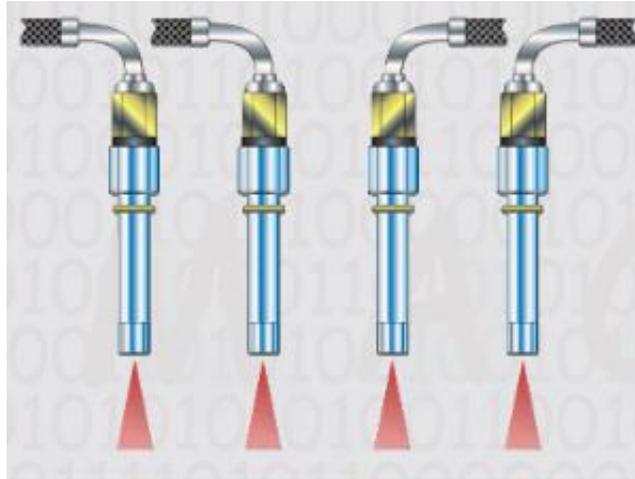
En este tipo de inyección todos los inyectores pulverizan el combustible al mismo tiempo en el colector de admisión. La cantidad de combustible se regula por la presión de suministro del inyector. Estos son de tipo mecánico y mediante un muelle sujetos a una aguja se abren o cierran mediante la presión del mismo.

Como la pulverización del inyector es de forma continua, el combustible va a seguir ingresando al colector de admisión incluso si la válvula de admisión está cerrada, de esta forma el

combustible se acumula en el colector esperando a que la válvula realice nuevamente su apertura.

Figura 8

Inyección continua



Nota. En la figura se muestra los inyectores de tipo mecánico, los mismos que realizan la inyección de combustible de forma continua. Tomado de (Centeno, 2016).

Inyección intermitente

En este sistema el inyector realiza su trabajo de forma intermitente, es decir, la pulverización de combustible se realiza una vez cada ciclo. La apertura y cierre de los inyectores se da por medio de una señal eléctrica por medio de la ECU. El desplazamiento que realiza la aguja del inyector es por electromagnetismo. Este tipo de inyección se clasifica de la siguiente manera:

Inyección simultánea

En este tipo de sistema todos los inyectores realizan la inyección de combustible a los cilindros al mismo tiempo. Es una variación de la inyección continua con la diferencia de que la apertura de los inyectores está dada por pulsos eléctricos.

Figura 9*Inyección simultánea*

Nota. En la figura se observa cómo se realiza la pulverización de todos los inyectores al mismo tiempo.

Tomado de (Castro, 2013).

Inyección semi secuencial

Este tipo de inyección también es conocida como inyección por bancos, ya que los inyectores realizan la pulverización de dos en dos. En la primera vuelta del cigüeñal se activa la mitad de los inyectores mientras la otra mitad permanece cerrada y cuando el cigüeñal realiza la segunda vuelta sucede lo contrario la primera mitad se cierra y la segunda mitad se abre. Este proceso se puede aplicar para la cantidad de inyectores que tenga el motor.

Figura 10*Inyección semi secuencial*

Nota. En la figura se observa como la mitad de inyectores están abiertos mientras que la otra mitad permanece cerrada. Tomado de (Centeno, 2016).

Inyección secuencial

La pulverización de los inyectores en este tipo de sistema se realiza de uno en uno y cuando la válvula de admisión está abierta, de tal forma que aprovecha el flujo de aire para una mezcla más homogénea y esto ayuda a mejorar el proceso de combustión. Este tipo de inyección es la más utilizada en la actualidad.

Figura 11

Inyección secuencial



Nota. En la figura se muestra como el inyector realiza la pulverización de combustible de forma secuencial. Tomado de (Castro, 2013).

Según las características de funcionamiento

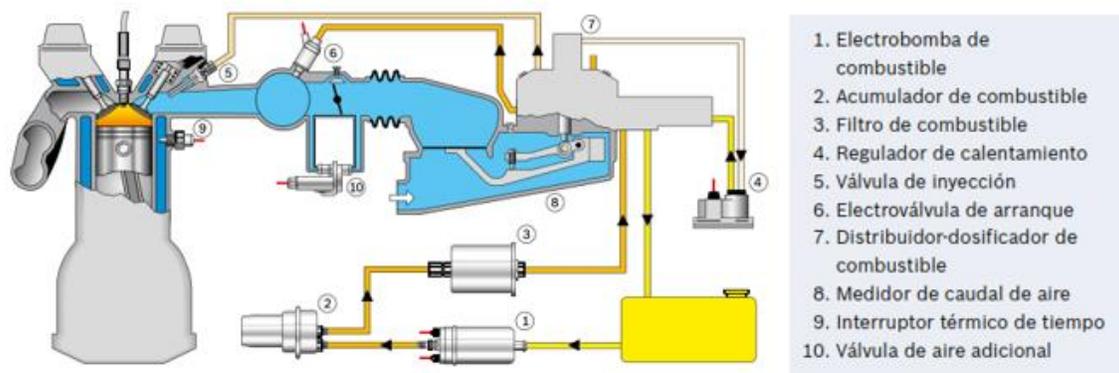
Bosch (2010) señala que los sistemas de inyección pueden ser de forma mecánica y de forma electrónica de esta forma propone los siguientes sistemas:

Sistema K-Jetronic

El funcionamiento de este sistema es de forma mecánica. La dosificación del combustible es de forma continua y el caudal que es emitido por los inyectores depende del volumen de aire aspirado por el motor. El K-Jetronic fue utilizado en los años 70.

Figura 12

Inyección K-Jetronic



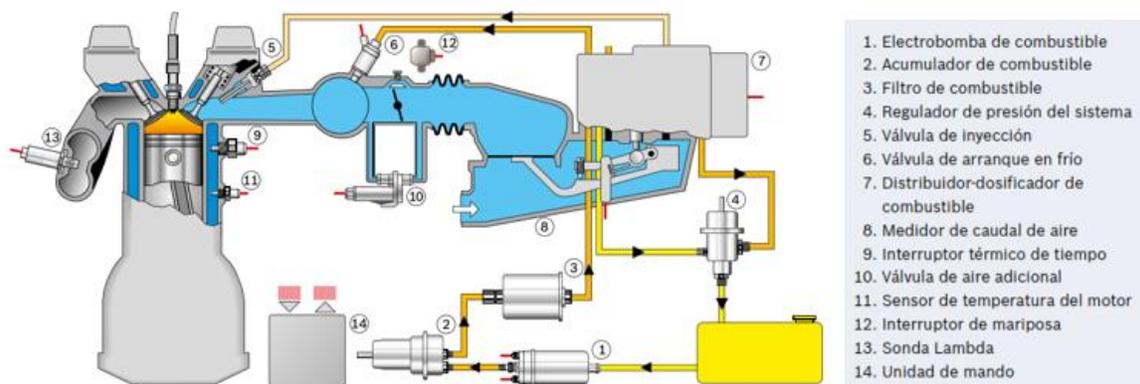
Nota. En la figura se observa el diagrama y las partes del sistema K-Jetronic. Tomado de (Bosch, 2010).

Sistema KE-Jetronic

La forma de funcionamiento de este sistema es mecánico electrónico y está basado en el sistema K-Jetronic, con la diferencia que este posee un sistema electrónico que permite la optimización de combustible y da una mejor calidad de gases de escape.

Figura 13

Inyección KE-Jetronic



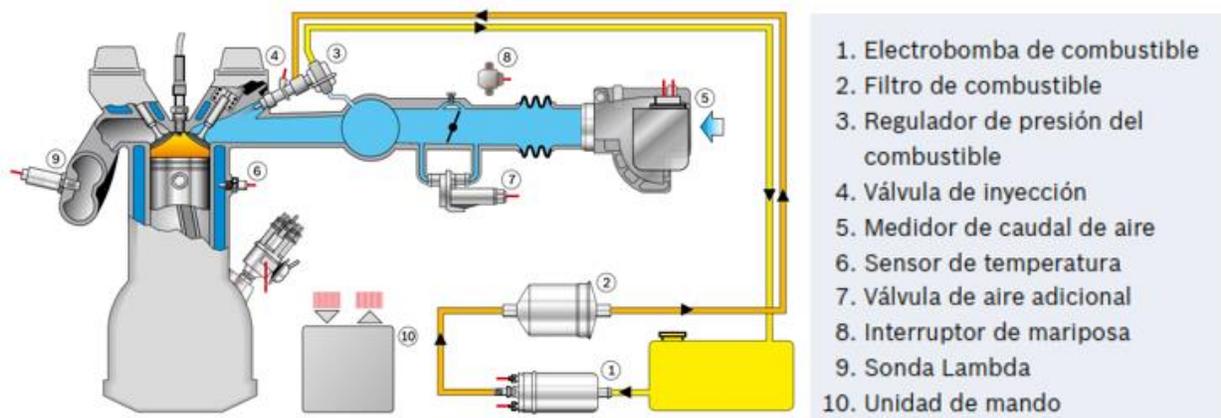
Nota. En la figura se observa el diagrama y las partes del sistema KE-Jetronic. Tomado de (Bosch, 2010).

Sistema L-Jetronic

La inyección que presenta este sistema es de control electrónico, mediante el funcionamiento de una serie de sensores se puede registrar todas las variaciones que presenta el motor y estas a su vez se procesan a la unidad de mando. Mediante este proceso se obtiene un nivel óptimo de emisiones de escape y un bajo consumo de combustible.

Figura 14

Inyección L-Jetronic



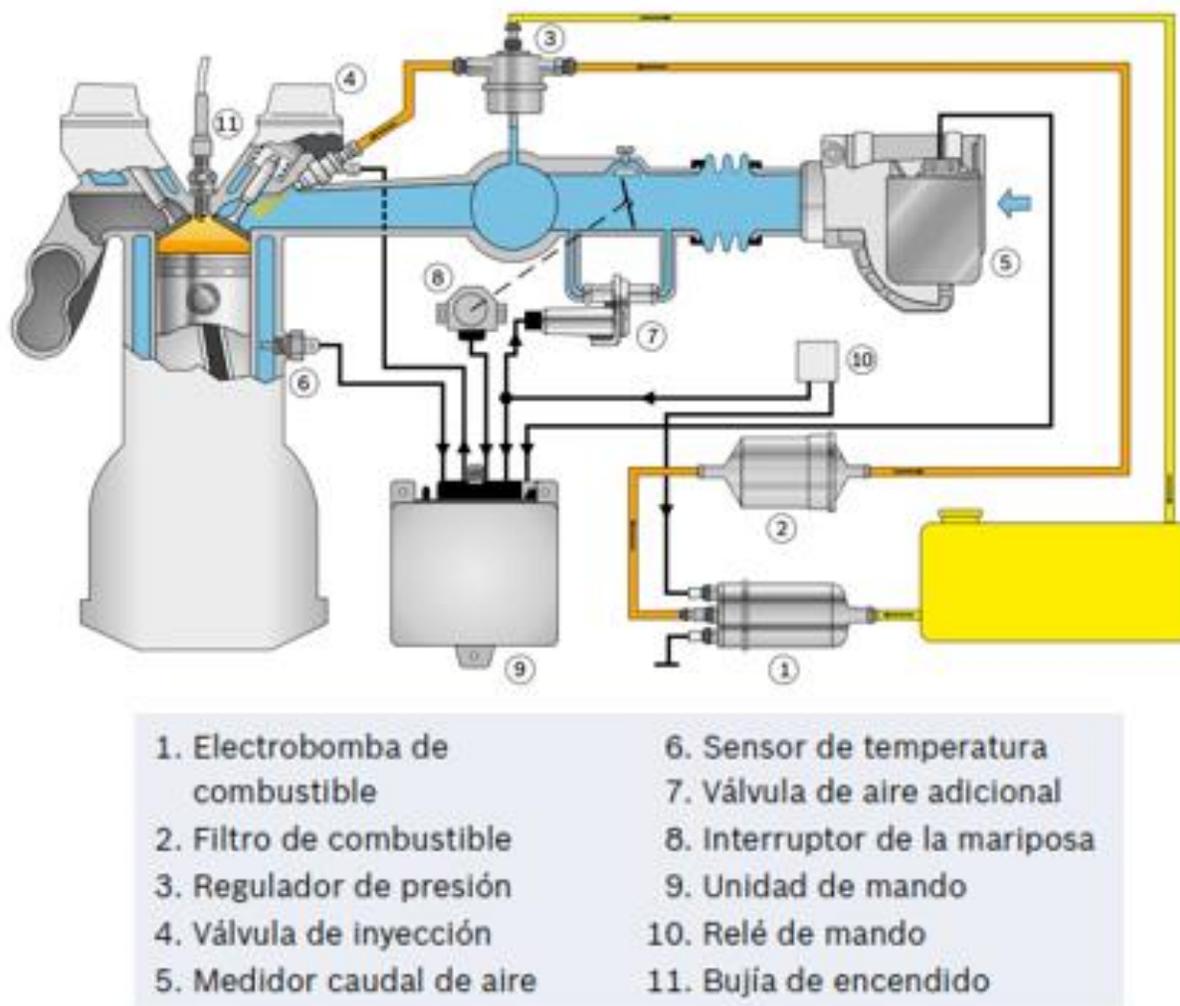
Nota. En la figura se observa el diagrama y las partes del sistema L-Jetronic. Tomado de (Bosch, 2010).

Sistema LE-Jetronic

Este tipo de sistema es electrónico, este sistema pulveriza el combustible de forma simultánea, además la unidad de control solo se dedica a controlar el sistema de combustible, haciendo que este funcione de forma análoga. Razón por la cual no posee memoria para almacenar posibles daños que puedan ocurrir y por esta razón si el sistema llega averiarse no presentará alguna señal de alerta en el tablero.

Figura 15

Inyección LE-Jetronic

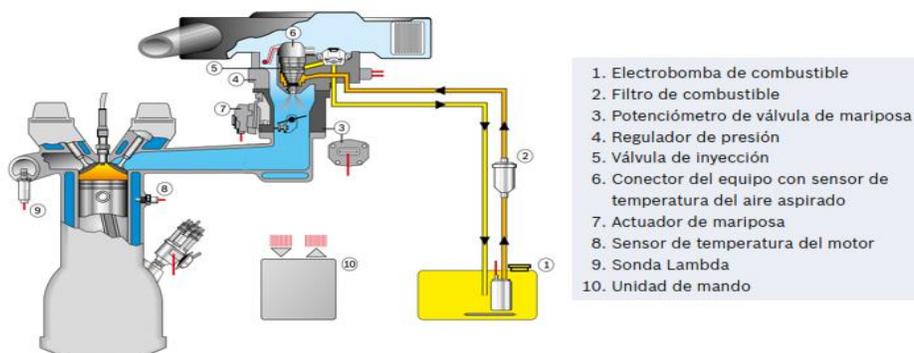


Nota. En la figura se observa el diagrama y las partes del sistema LE-Jetronic. Tomado de (Bosch, 2010).

Sistema Mono-Jetronic

Este sistema posee una válvula de inyección electromagnética misma que va a inyectar el combustible hacia todos los cilindros en un punto central localizado encima de la mariposa.

Figura 16

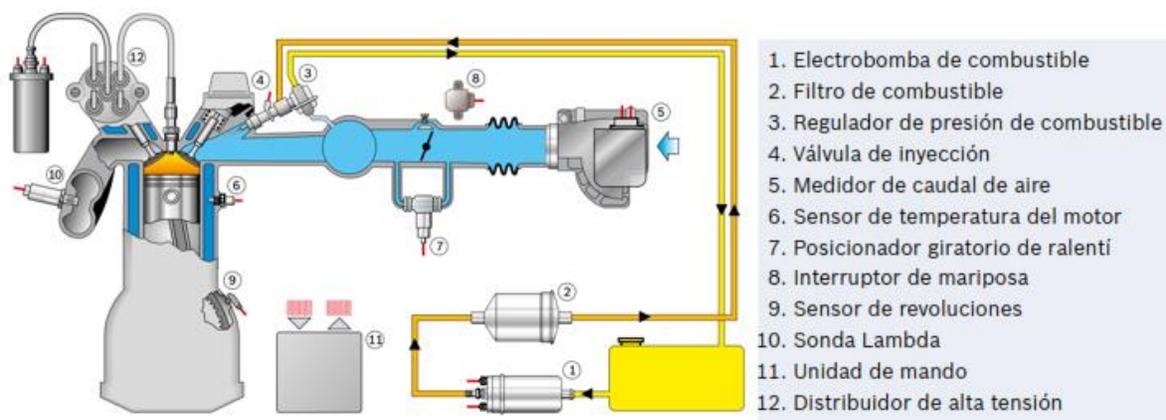
Inyección Mono-Jetronic

Nota. En la figura se observa el diagrama y la constitución del sistema Mono-Jetronic. Tomado de (Bosch, 2010).

Sistema Motronic

El funcionamiento de esta combina un sistema de inyección y otro sistema e encendido, los cuales permiten que la dosificación de combustible y encendido se optimicen para un trabajo en conjunto.

Figura 17

Inyección Motronic

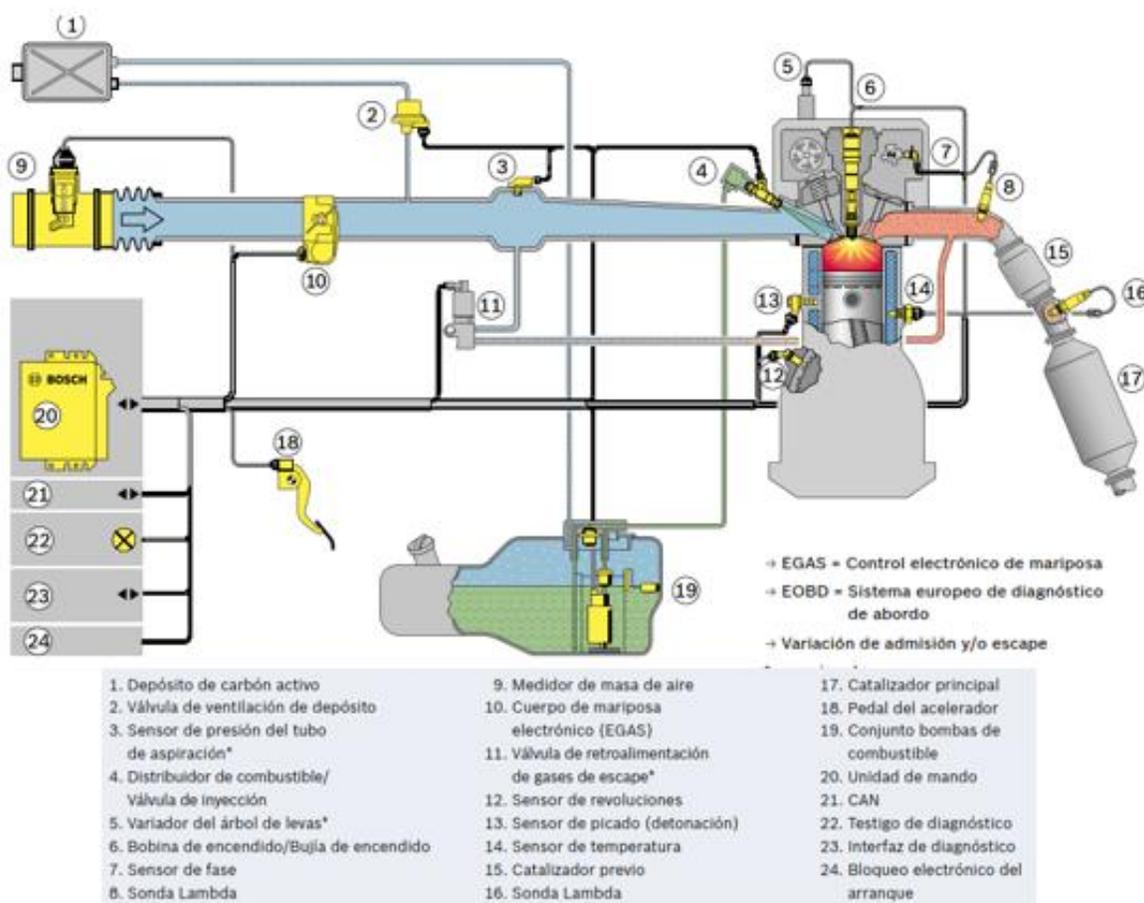
Nota. En la figura se observa el diagrama y las partes del sistema Motronic. Tomado de (Bosch, 2010).

Sistema ME Motronic

El principal funcionamiento que presenta este sistema es el ajuste de torque deseado por el conductor, con el mejor consumo de combustible y las menores emisiones. Este sistema presenta un acelerador electrónico que ajusta el aire necesario para la generación del torque. (págs. 3-10)

Figura 18

Inyección ME Motronic



Nota. En la figura se observa el diagrama y la composición del sistema ME Motronic. Tomado de (Bosch, 2010).

Con el paso del tiempo estos sistemas han ido evolucionando, ya que desde un inicio el objetivo principal de la industria automotriz ha sido diseñar y construir motores que permitan llegar a la mezcla perfecta entre el aire y el combustible y también reducir las emisiones de gases contaminantes a que son liberados hacia la atmósfera, principalmente el dióxido de carbono (CO₂).

Elementos eléctricos electrónicos usados en inyección de gasolina

Los sensores son dispositivos muy importantes para el buen funcionamiento del motor ya que reciben magnitudes físicas o químicas, las transforman en señales eléctricas y finalmente envían esta información a la Unidad de control electrónica. Estos sensores están compuestos de los siguientes elementos eléctricos electrónicos. (Aleman, s.f., pág. 6)

Termistores

Gros & Casals (2019) mencionan que los termistores están compuestos de semiconductores por ende tiene una sensibilidad mucho mayor, del mismo modo tiene alta resistividad por lo cual pueden tener una masa pequeña, lo que permite una respuesta rápida. Este tipo de elementos no son lineales y se pueden clasificar en:

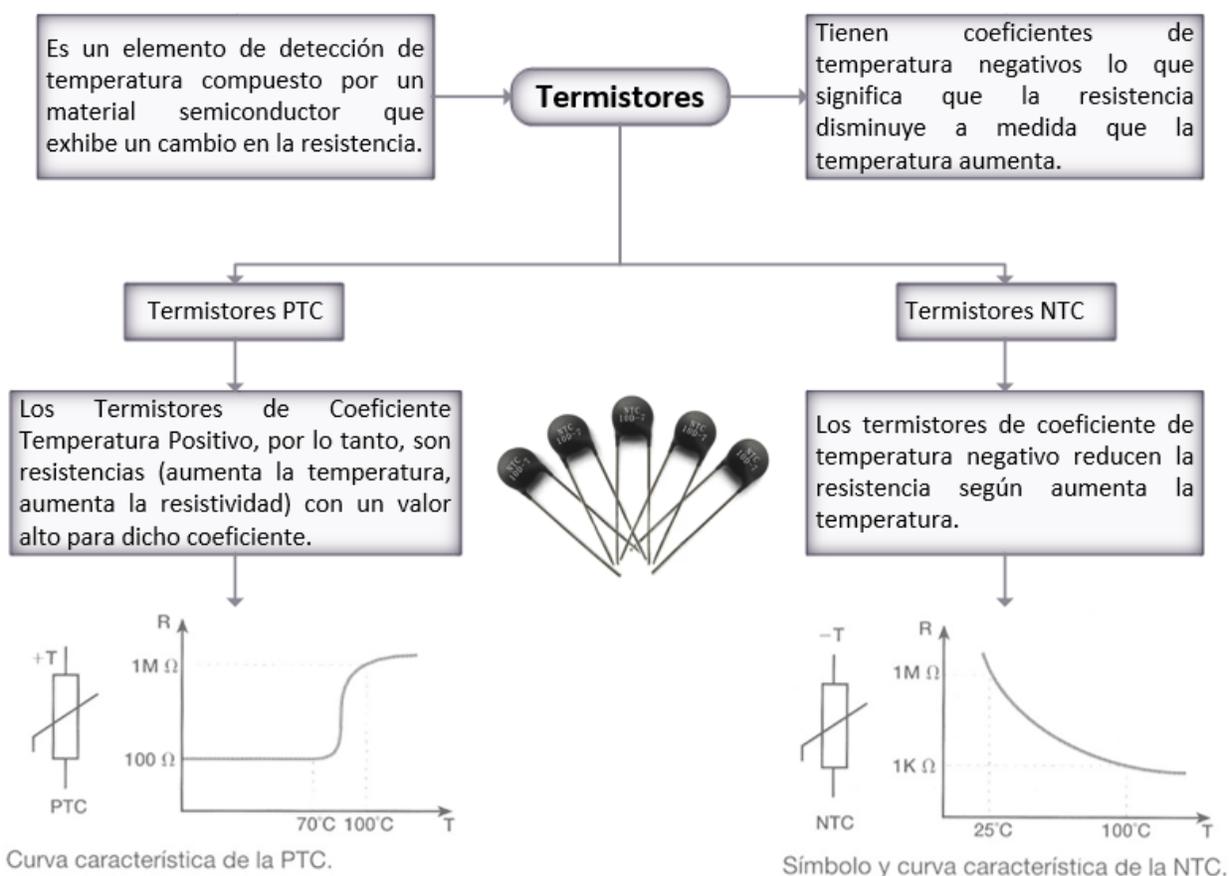
Termistores de coeficiente de temperatura negativo (NTC). En estos termistores, la resistencia reduce cuando la temperatura extiende. La correlación entre la resistencia y la temperatura puede ser bastante desigual, lo que los hace ideales para aplicaciones de revisión de temperatura.

Termistores de coeficiente de temperatura positivo (PTC). En estos termistores, la resistencia aumenta a medida que la temperatura acrecienta. Se en aplicaciones como dispositivos de ayuda contra sobrecalentamiento, ya que su resistencia puede aumentar precipitadamente en un rango de temperatura determinado. (págs. 29-33)

En la figura 19 se presenta un resumen del elemento termistores con sus respectiva clasificación y características.

Figura 19

Termistor



Nota. En la figura se puede observar el concepto y clasificación del termistor.

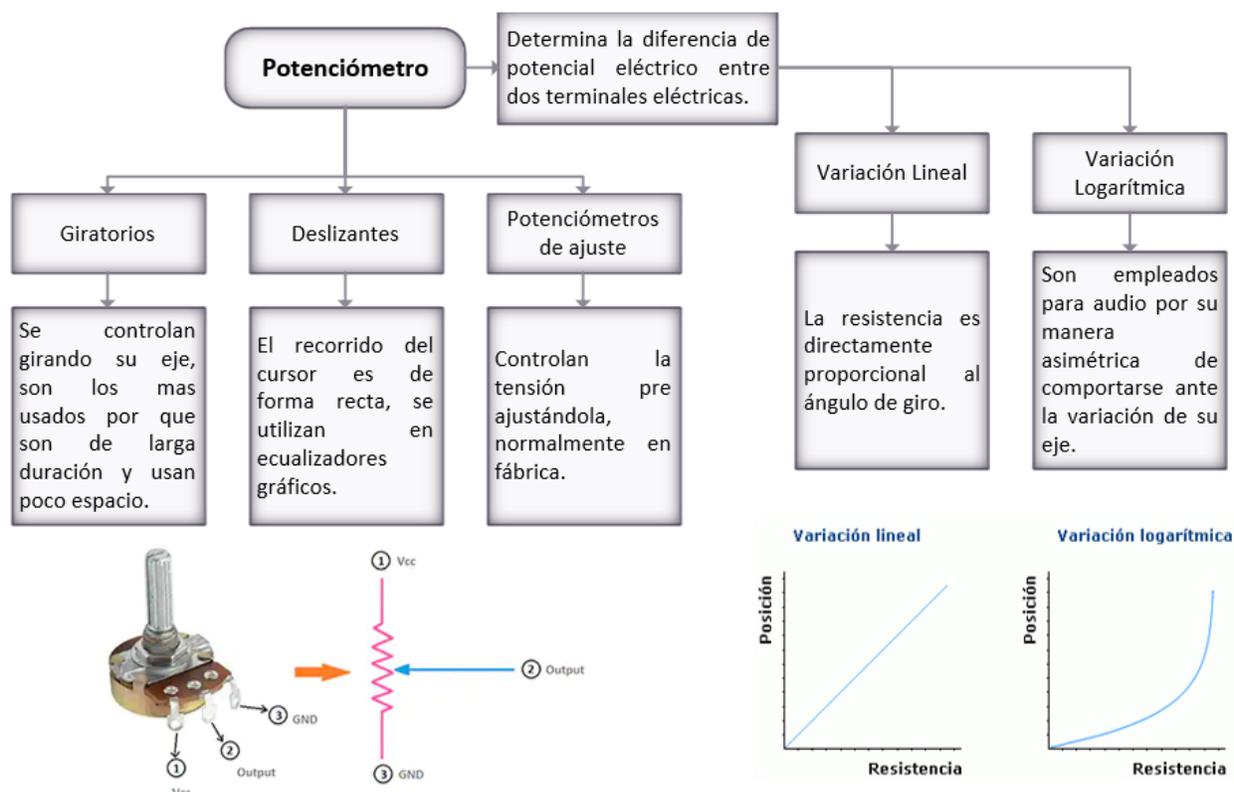
Potenciómetro

Alarcón (2022) señala que el potenciómetro a diferencia del termistor es un divisor resistivo cuya salida es proporcional al ángulo de giro, lo negativo sobre ese tipo de sensores es que al estar en rozamiento, auto calentamiento y vibraciones provoca errores y pueden provocar pérdida de contacto del curso sobre la resistencia. Este tipo de elemento se puede clasificar variación lineal y logarítmica, los

cuales presentan cambios en la resistencia que puede ser proporcionales en relación con el desplazamiento del cursor. Son empleados para modificar las características de un circuito eléctricos, por ejemplo, el volumen en sistemas de audio, controlar la intensidad de una señal en amplificadores, ajustar el contraste de pantallas y en distintas otras situaciones. En la figura 20 se presenta un resumen del elemento potenciómetro con sus respectiva clasificación y características.

Figura 20

Potenciómetro



Nota. En la figura se puede observar el concepto y clasificación del potenciómetro.

Sensor de Efecto Hall

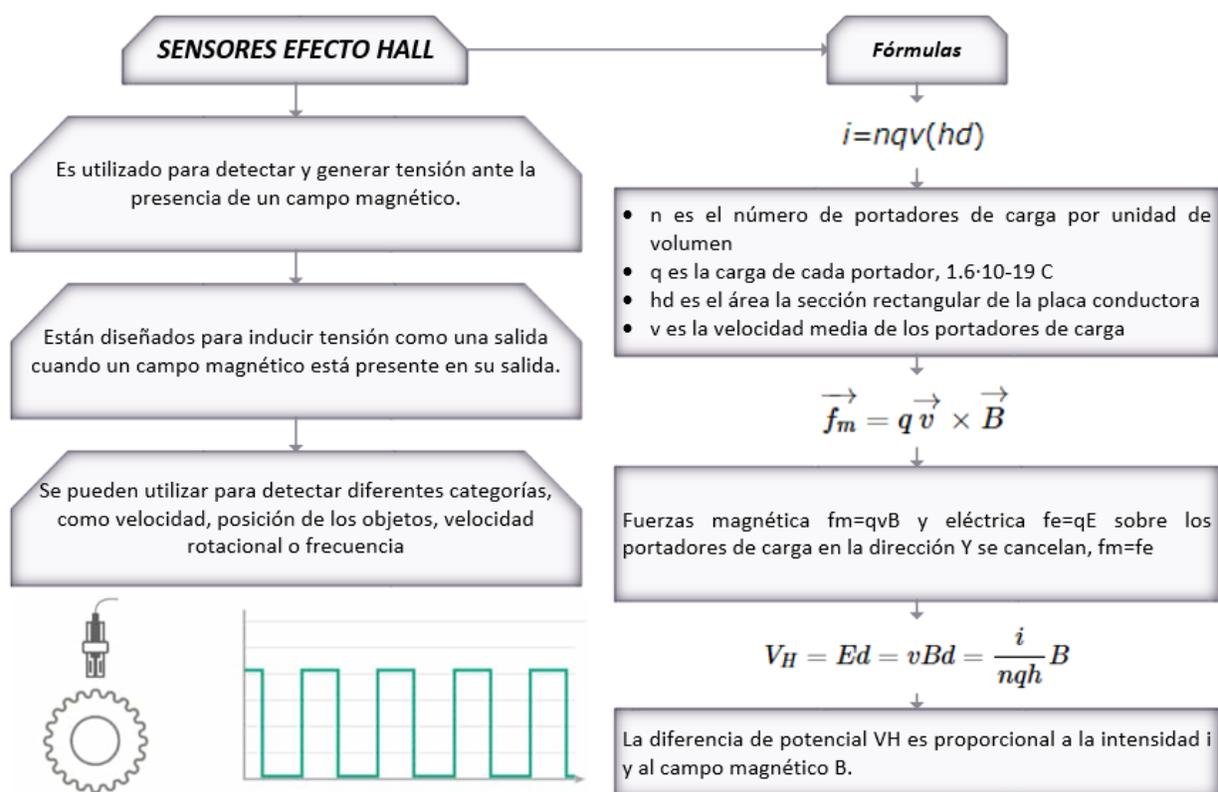
Desde el punto de vista de Mayné (2003) el sensor de efecto Hall es un dispositivo que puede detectar las variables de instrumentación, estas variables pueden ser magnitudes físicas o química, por ejemplo: temperatura, aceleración, desplazamiento, presión, fuerzas y entre otras magnitudes. El

fenómeno de efecto Hall es una función de las densidades de la corriente, el campo magnético, y la densidad de carga y movilidad portadora del conductor.

Este tipo de sensor está compuesto por un semiconductor por el cual fluye electricidad. Este material al estar expuesto a un campo magnético que es perpendicular a la dirección de corriente eléctrica, se da una disparidad en el potencial eléctrico en una dirección que es perpendicular a ambas magnitudes. El resultado de esta variación se le conoce como voltaje Hall, la cual tiene proporción con las fuerzas del campo magnético o a la corriente eléctrica que pasa a través del sensor. En la figura 21 se presenta un resumen del sensor de Efecto Hall con sus respectivas características.

Figura 21

Sensor de Efecto Hall



Nota. En la figura se puede observar el concepto y característica del sensor de efecto hall.

Sensor Óptico

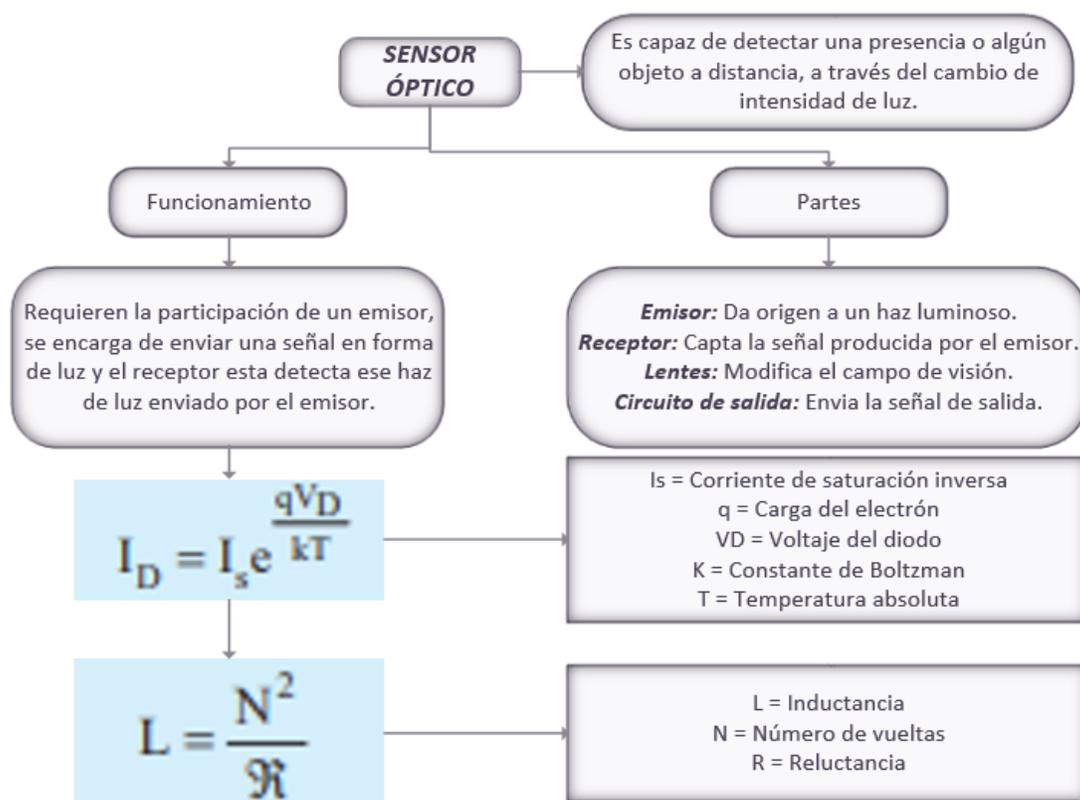
Pérez & Roldan (s.f.) destacan que este tipo de sensor utiliza la frecuencia de una fuente de luz de ese modo detecta sencillamente y diferencia de otras fuentes de luz cercanas. Se combina de dos elementos primordiales, un sensor y un emisor de luz, el emisor puede estar compuesto dentro del mismo sensor o también puede estar situado fuera. Existe distintos tipos de sensores ópticos, incluyendo:

Fotodiodos, este tipo registra la intensidad de la luz que ingresa a un dicho entorno y se aplica como detectores de luz. Otro tipo es el fototransistor, comparado con el sensor fotodiodo posee semejanza, en cambio tiene la capacidad de amplificar señales, por ende, se utiliza en sistemas que nivelan objetos y en situaciones de control de retroiluminación. También, otro tipo de sensor es de proximidad óptico, se emplea para medir con alta exactitud la posición angular o lineal en sistemas de control de movimiento y robótica. Después, tenemos el sensor de colores, el cual se manipula para diferenciar colores en objetos al captar longitudes de onda de luz específicas y son útiles en la clasificación de productos y en garantía de calidad. Finalmente, existe diversos sensores ópticos, tales como de velocidad, de nivel ópticos y entre otros.

En la figura 22 se presenta un resumen del sensor óptico con sus respectivas características y fórmulas que se aplica para realizar cálculos matemáticos.

Figura 22

Sensor Óptico



Nota. En la figura se puede observar el concepto, funcionamiento y partes del sensor de óptico.

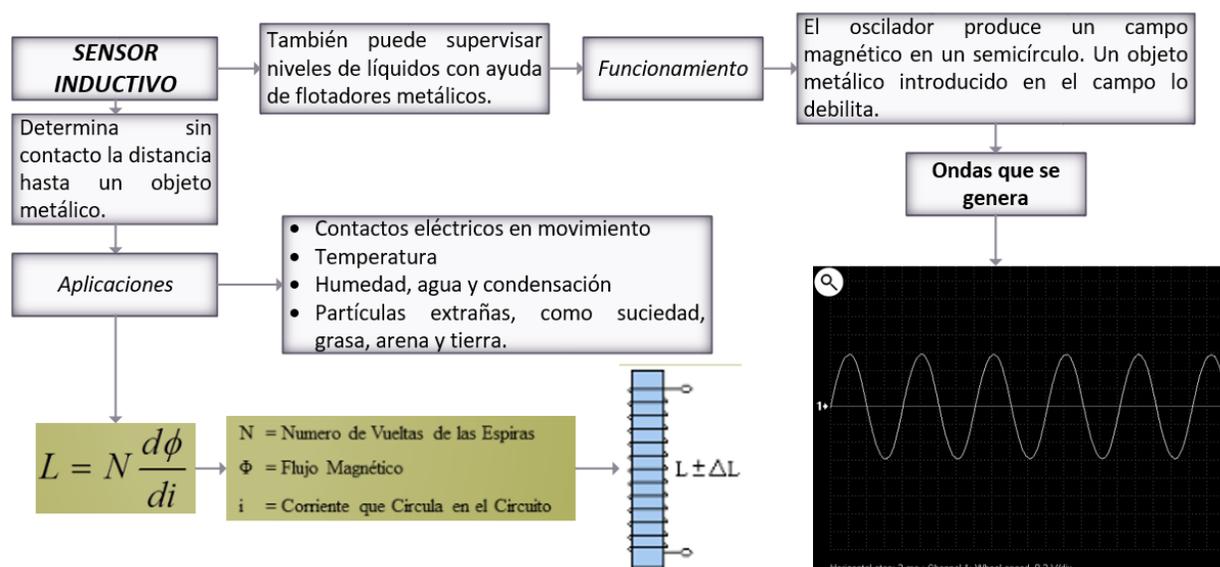
Sensor Inductivo

El sensor inductivo se compone de una bobina con núcleo de ferrita, esta bobina detecta el objeto cuando se genera un cambio en el campo electromagnético y envía la señal al oscilador, en el caso de que no se genere este cambio el sensor dispara una acción. Los transformadores de corriente suministran un aislamiento galvánico. Este sensor particularmente es valioso en situaciones en las que se necesita una detección confiable y no intrusiva de objetos, como ocurre en la automatización industrial y en sistemas de control. En la industria automotriz se aplica para medir velocidades de giro o detectar las posiciones angulares de un elemento específico, ya que su costo y el modo de trabajo es muy simple. (Gros & Casals, 2019, págs. 58-60)

Las partes que integran permiten que este tipo de sensor detecte la presencia de objetos metálicos en su proximidad, de esta manera crea un campo magnético de alta frecuencia y envía señales eléctricas a la Unidad de Control Electrónica. En la figura 23 se presenta un resumen del sensor inductivo con sus respectivas características.

Figura 23

Sensor Inductivo



Nota. En la figura se puede observar el concepto, funcionamiento y aplicaciones del sensor Inductivo.

Sensor Piezoeléctrico

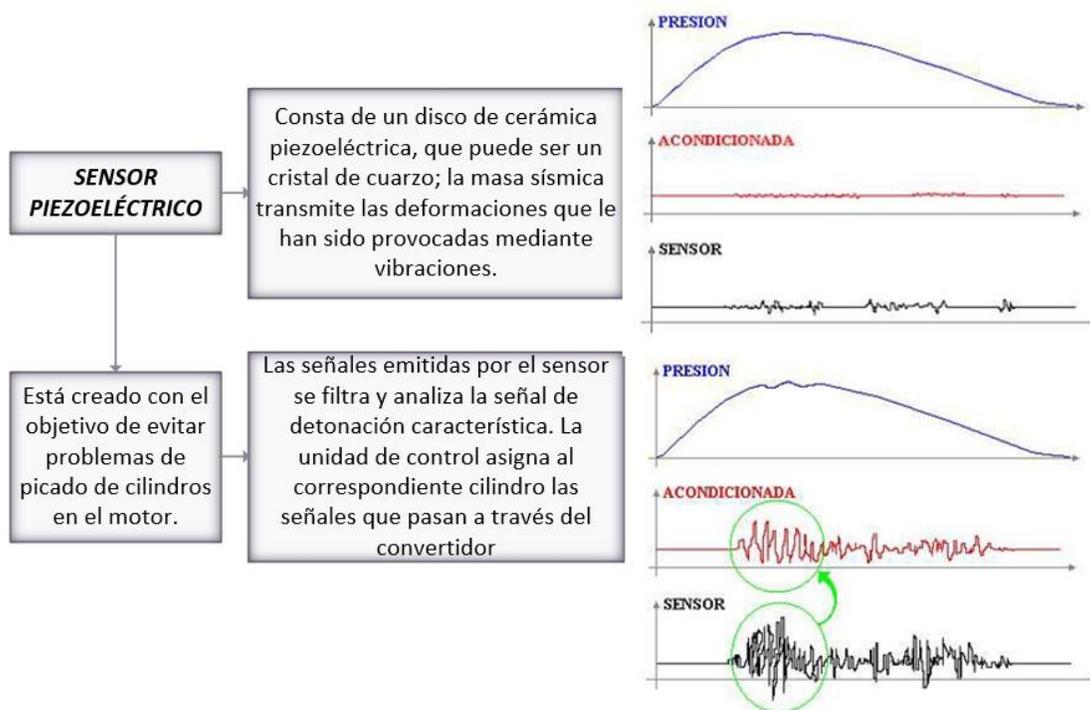
El sensor piezoeléctrico consiste en un cristal monocristalino, estos cristales al ser sometidos a fuerzas o tensiones obtienen una polarización eléctrica y surge una diferencia de potencial y cargas eléctricas en sus superficies. Este tipo de sensor se utiliza para medir presión, aceleración, tensión o fuerza. Este tipo de sensor es muy importante por su utilidad ya que tiene capacidad de proporcionar respuestas rápidas, resistentes y operar en una amplia gama de condiciones. Del mismo modo, también pueden formar una deformación mecánica en respuestas a una carga eléctrica aplicada. Pallas (2005) menciona las siguientes partes fundamentales de un sensor piezoeléctrico:

- Electrodo: están conectados al sistema de medición y acceden la captura de la carga eléctrica generada.
- Cristales piezoeléctricos: es una parte elemental pues se compone de cerámicas definidas que forman una carga eléctrica cuando son sometidos a una presión.
- Conexiones Eléctricas: son los cables que están interconectados a los electrodos del cristal piezoeléctricos al sistema de medición.
- Carcasa: su función es resguardar el cristal piezoeléctrico y las conexiones de factores ambientales como la humedad y la contaminación. (págs. 288-293)

En la figura 24 se presenta un resumen del sensor piezoeléctrico con sus respectivas características.

Figura 24

Sensor Piezoeléctrico



Nota. En la figura se puede observar el concepto y funcionamiento del sensor piezoeléctrico.

Diagramas eléctricos electrónicos

García (2014) manifiesta que los diagramas eléctricos electrónicos son esquemas que involucran distintos símbolos y señales de los componentes eléctricos que se puede apreciar en distintos sistemas del vehículo, esto se puede notar en sistemas de seguridad, audio, luces o el mismo sistema eléctrico que cuenta el motor para su correcto funcionamiento. Estos diagramas permiten analizar e interpretar el proceso de las diferentes funciones de cada componente, el resultado es encontrar soluciones a fallas de los sistemas antes mencionados.

Los fabricantes de vehículos utilizan normas para realizar los esquemas eléctricos con el cual el técnico automotriz debe estar al tanto de ello, debido a que se presentan abreviaturas o códigos de colores, coordenadas para la ubicación de componentes, notas del diagrama, entre otras informaciones importantes para el intérprete. La ventaja que tiene el técnico automotriz actualmente es la disposición de estos esquemas muy bien identificados y sencillos de interpretar.

Finalmente, existe dos tipos de diagramas eléctricos electrónicos. El diagrama unifilar se utiliza en esquemas de una sola línea para la representación de diversos conductores, abarca distintos símbolos para la representación de los elementos del circuito, con referencias semejantes en los extremos del mismo trazo. Mientras que en los diagramas multifilares simbolizan las distintas líneas dentro del plano de representación independiente, es decir, las líneas se cruzan para las diferentes conexiones entre los elementos del circuito.

Tabla 1*Código de colores*

| Código | Color |
|--------|----------|
| BLK | Negro |
| WHT | Blanco |
| BRN | Café |
| GRY | Gris |
| RED | Rojo |
| ORG | Naranja |
| GRN | Verde |
| BLU | Azul |
| YEL | Amarillo |
| PNK | Rosa |

Nota. Principales códigos y colores presentes en un diagrama eléctrico electrónico.

Figura de Lissajous

Las figuras de Lissajous se utilizan para obtener el valor de una frecuencia desconocida, mientras que en la actualidad estas figuras se utilizan como objetivos didácticos, ya que permite observar a través de un osciloscopio configurado en el modo “X e Y” ondas sinusoidales utilizando amplitudes y fases

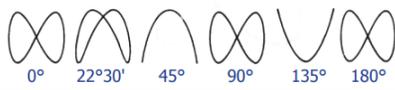
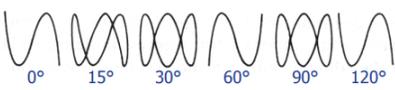
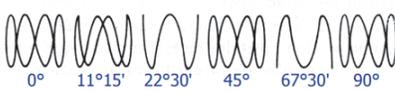
distintas. Los principales parámetros que se debe tener en cuenta al realizar el test de imágenes son las siguientes:

Un circuito en corto o cortocircuito, donde su resistencia es de cero ohms (continuidad) es representado en la gráfica V-I por un trazo vertical paralelo al eje de las ordenadas; esto se debe a que el flujo de corriente para cualquier tensión es infinito, el trazo es el resultado de un punto del osciloscopio de la corriente alterna que oscila entre su valor pico positivo y negativo.

Un circuito abierto, donde su resistencia es infinita, se representará en la gráfica V-I mediante un trazo horizontal, al ser su corriente siempre cero no afectará el voltaje que se le aplique en el testeado, la gráfica es el resultado de un punto del osciloscopio que oscila de derecha a izquierda representando el voltaje alterno sin la circulación de corriente. (Muquinche, 2022, págs. 34-36)

Figura 25

Figuras de Lissajous típicas para diferentes señales

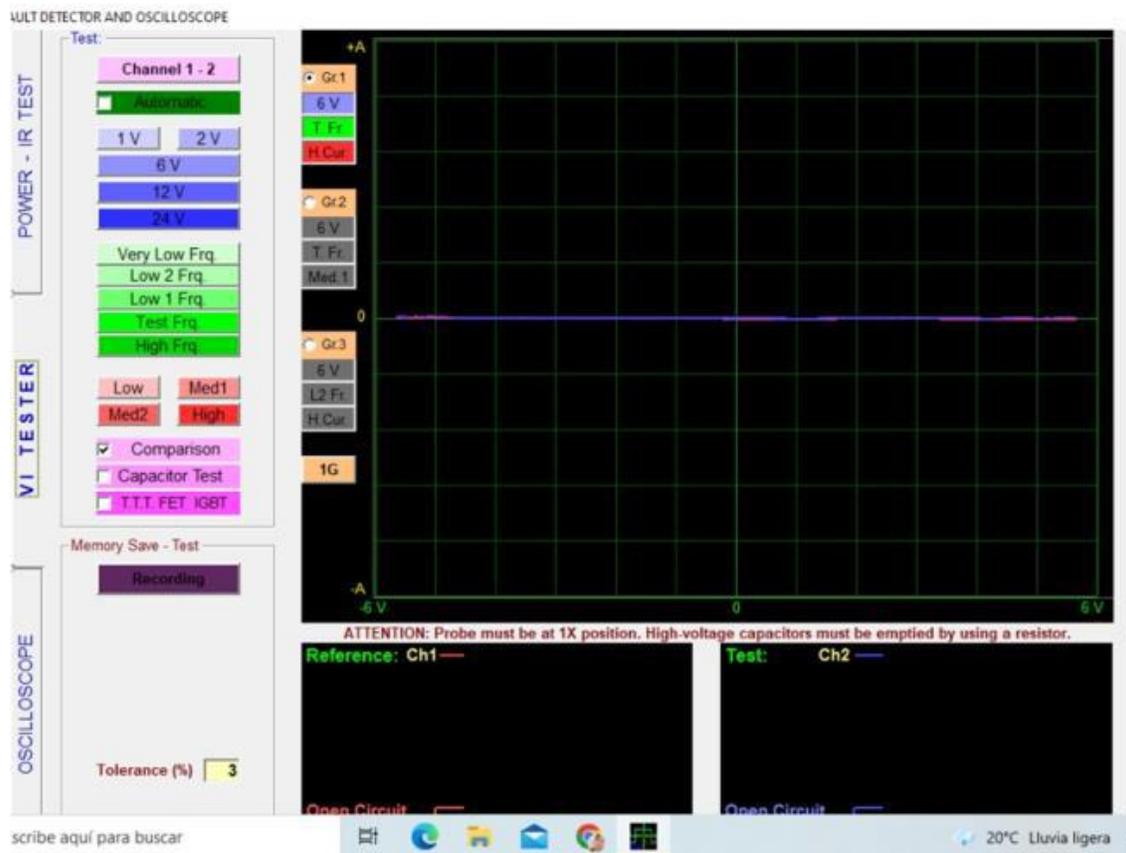
| Relación de frecuencias | Corrimiento de fase |
|-------------------------|---|
| 1 : 1 |  0° 45° 90° 180° 270° 360° |
| 1 : 2 |  0° 22°30' 45° 90° 135° 180° |
| 1 : 3 |  0° 15° 30° 60° 90° 120° |
| 1 : 4 |  0° 11°15' 22°30' 45° 67°30' 90° |

Nota. En la figura se puede apreciar las distintas figuras de Lissajous donde se muestra diferentes relaciones de frecuencias y desfases de las ondas. Tomado de (Rodríguez P. , 2001).

Los componentes comunes que se utilizan para apreciar estas figuras es el caso de transformadores, resistencias, potenciómetros, condensadores, diodos de LED, entre otros componentes que pueden integrar los sensores, actuadores y la Unidad de Control Electrónico (ECU). En las siguientes figuras se puede observar las figuras de Lissajous de algunos componentes antes mencionados.

Figura 26

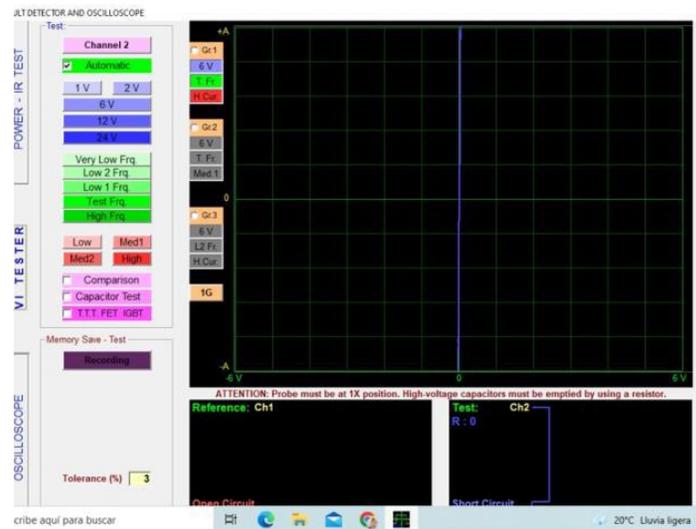
Figura de Lissajous de un circuito abierto



Nota. En la figura se puede apreciar la figura de Lissajous de un circuito abierto, la cual es una línea horizontal.

Figura 27

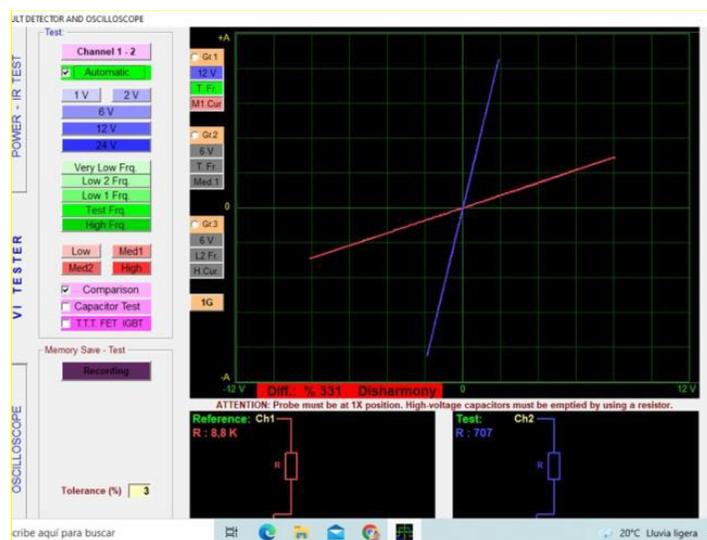
Figura de Lissajous de un circuito en corto



Nota. En la figura se puede apreciar la figura de Lissajous de un circuito en corto, la cual es una línea vertical.

Figura 28

Figura de Lissajous de un potenciómetro



Nota. En la figura se puede apreciar la figura de Lissajous de un potenciómetro, en donde se muestra diferentes relaciones de frecuencias y desfases de las ondas.

Figura 29

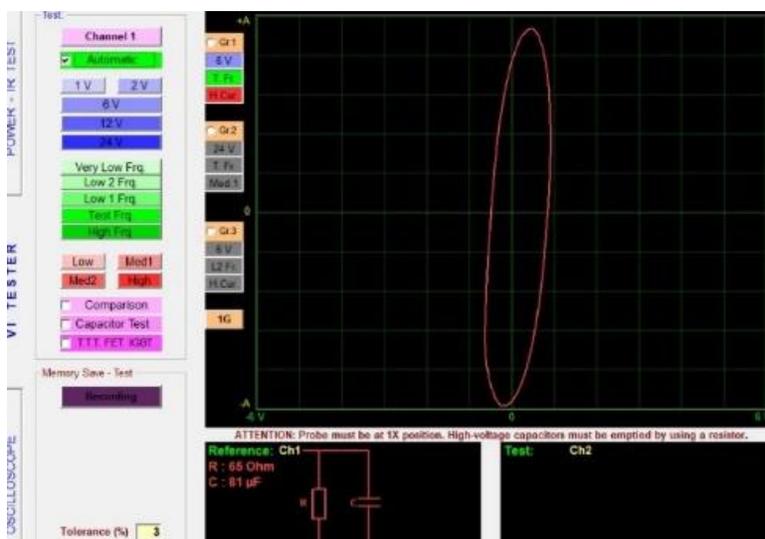
Figura de Lissajous de una resistencia



Nota. En la figura se puede apreciar la figura de Lissajous de una resistencia, en donde se muestra diferentes relaciones de frecuencias y desfases de las ondas.

Figura 30

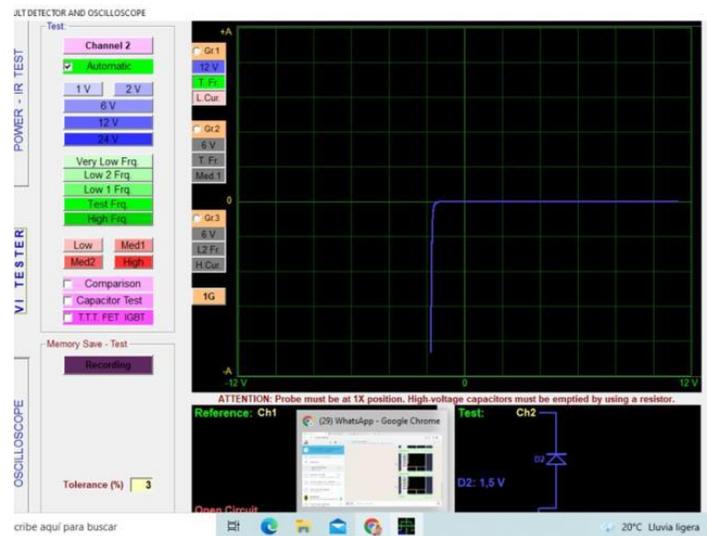
Figura de Lissajous de una bobina



Nota. En la figura se puede apreciar la figura de Lissajous de una bobina, en donde se muestra diferentes relaciones de frecuencias y desfases de las ondas.

Figura 31

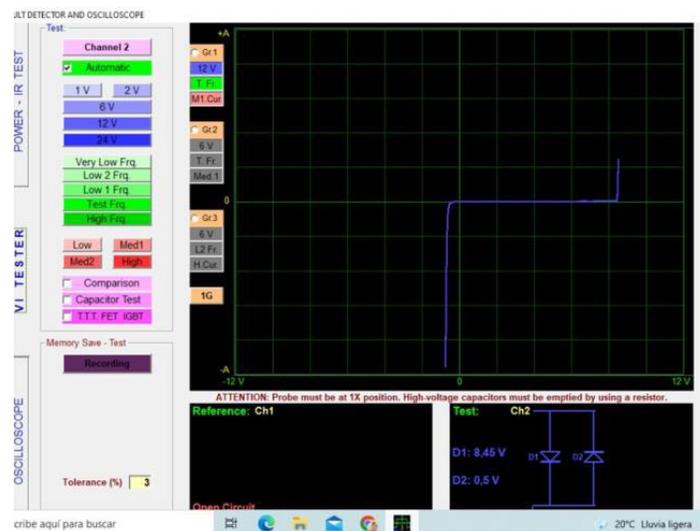
Figura de Lissajous de un diodo



Nota. En la figura se puede apreciar la figura de Lissajous de un diodo, en donde se muestra diferentes relaciones de frecuencias y desfases de las ondas.

Figura 32

Figura de Lissajous de un transistor



Nota. En la figura se puede apreciar la figura de Lissajous de un transistor, en donde se muestra diferentes relaciones de frecuencias y desfases de las ondas.

Subsistemas del sistema de inyección de gasolina

El sistema de inyección de gasolina acorde a Laverde & Panchi (2007) se conforma de los siguientes subsistemas:

- Subsistema electrónico el cual se conforma por los sensores, actuadores y la unidad de control electrónico (ECU)
- Subsistema de alimentación
- Subsistema de aire
- Subsistema de autodiagnóstico

Subsistema de control electrónico

Este sistema está conformado de elementos eléctricos y electrónicos son los siguientes:

- Sensores
- PCM
- Actuadores

Sensores

Los sensores son dispositivos encargados de detectar magnitudes físicas o químicas, también denominadas variables de instrumentación en señales eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser: presión, temperatura, humedad, entre otras.

Sensor de posición de la mariposa de aceleración (TPS)

Molina (2007) señala que, el sensor TPS es un dispositivo encargado de brindar la información del grado de apertura de la mariposa a la unidad de control electrónica. El TPS es de tipo resistivo y envía una señal que va desde los 0 a 5 V, esto depende de la apertura del mecanismo de control.

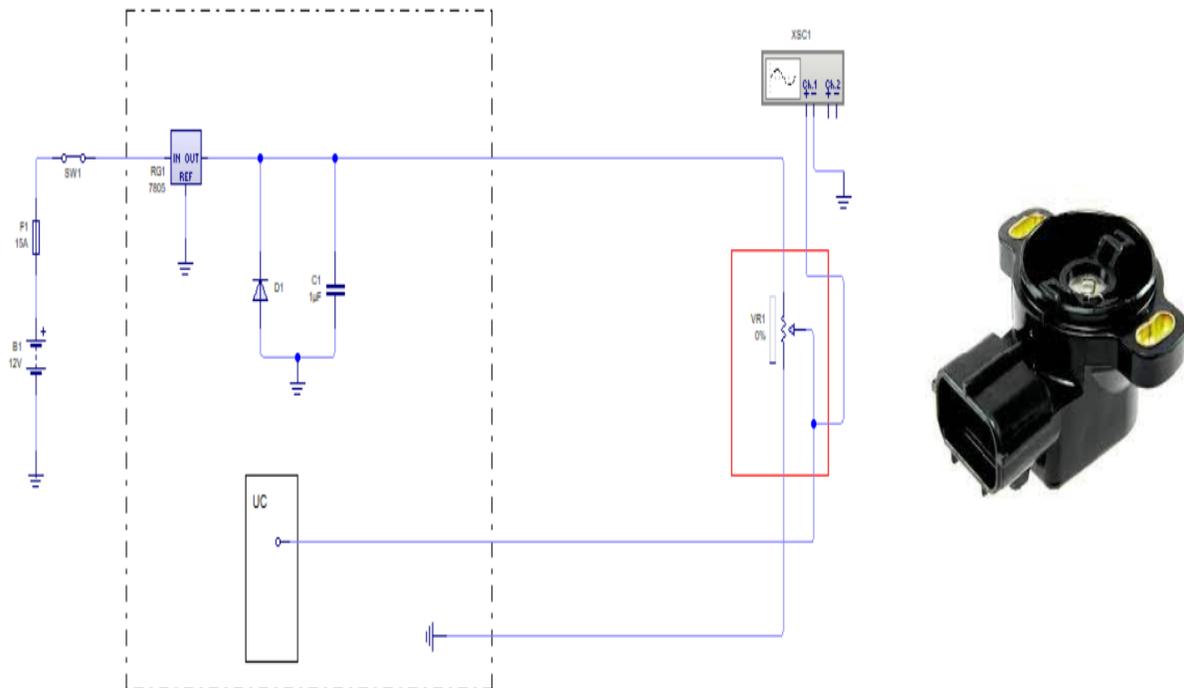
Este sensor posee tres cables los cuales corresponden a:

- Voltaje de referencia: 5V
- Voltaje de señal: 0.5 a 4.5V
- Masa: 0 a 30 mV

Los problemas que se generan a causa de un daño por parte el sensor, es la falla al momento de realizar la aceleración, también puede presentar una inestabilidad al encontrarse en marcha mínima o ralentí, pérdida de potencia y luz del check engine encendida. En la figura 33, se presenta el circuito del sensor TPS. En la figura 33, se presenta un mapa mental con conceptos relevantes tales como: ubicación, voltajes, número de cables, PID's, DTC, oscilograma y gráfica de comportamiento del sensor.

Figura 33

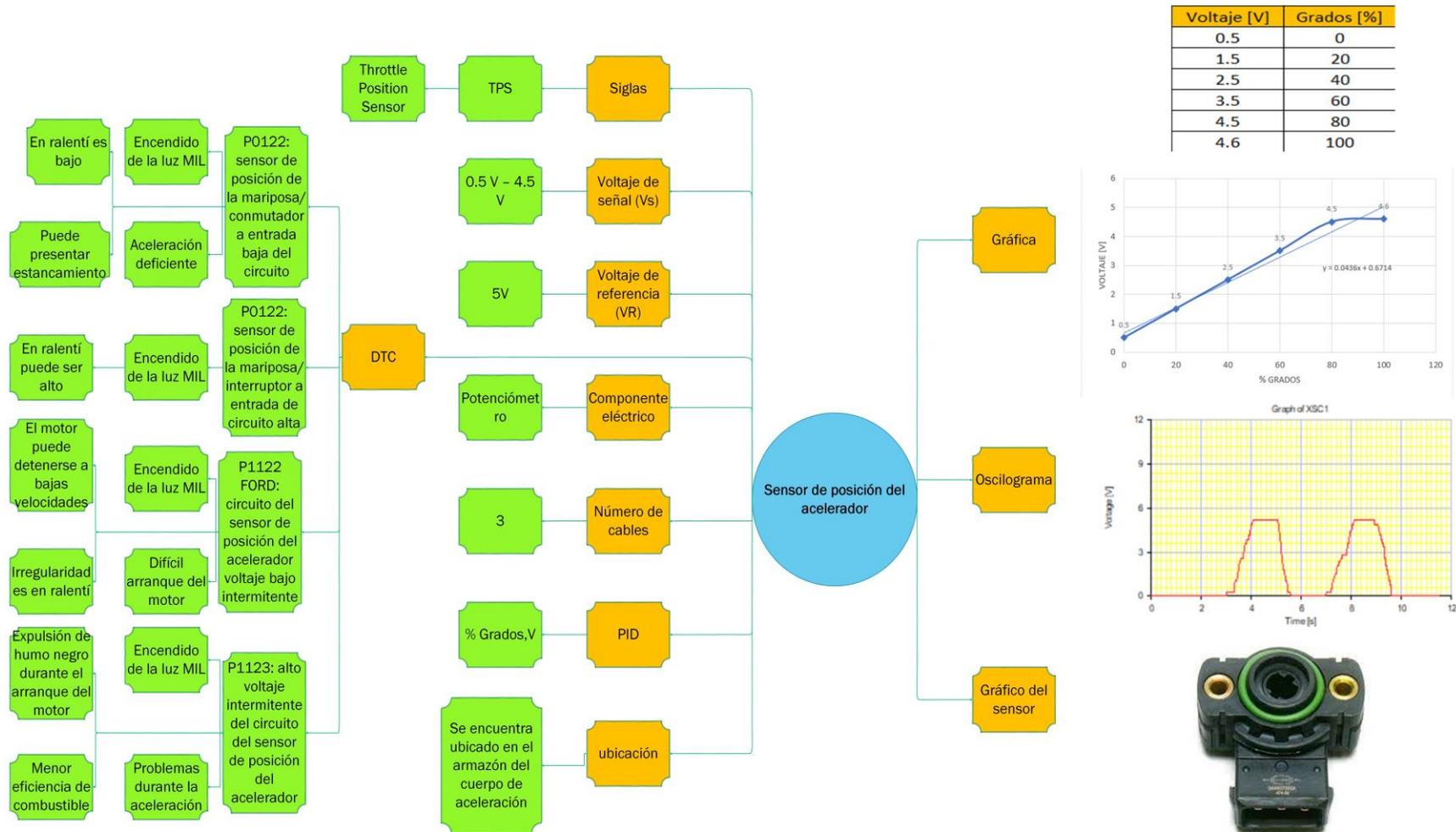
Circuito y sensor TPS



Nota. En la figura 33 se muestra la representación gráfica del circuito del sensor TPS

Figura 34

Características del sensor TPS



Nota. En la figura 34 se muestra un diagrama en donde se presenta conceptos acerca del sensor TPS.

Sensor de masa de aire aspirado (MAF)

Para Codena & Morales (2022) el sensor MAF es un dispositivo que se encuentra en medio del filtro de aire y el cuerpo de aceleración, este sensor mide la cantidad de aire que ingresa al motor, mediante la variación de temperatura que va a ser medida con la diferencia de corriente que está ingresando la computadora hacia el sensor, de esta manera la unidad de control puede calcular la cantidad aproximada de aire que está ingresando al motor.

Este sensor puede ser de:

- Tres terminales: esta configuración realiza una sola función, la cual es medir la cantidad de aire que ingresa al motor.
- Cinco terminales: esta configuración también es denominada dúplex, debido a que cumple con dos funciones que permiten medir la cantidad de aire y la temperatura que ingresa al motor.

Acorde a Clavón & Lema (2021), la salida de la señal del sensor del flujo de aire debe ser proporcional a la cantidad de aire que ingresa, de esta manera cuando el motor se encuentre en ralentí el voltaje de señal debe ser de 0.8 V, mientras que, cuando se realice una aceleración brusca el voltaje ascenderá a los 4.8 V.

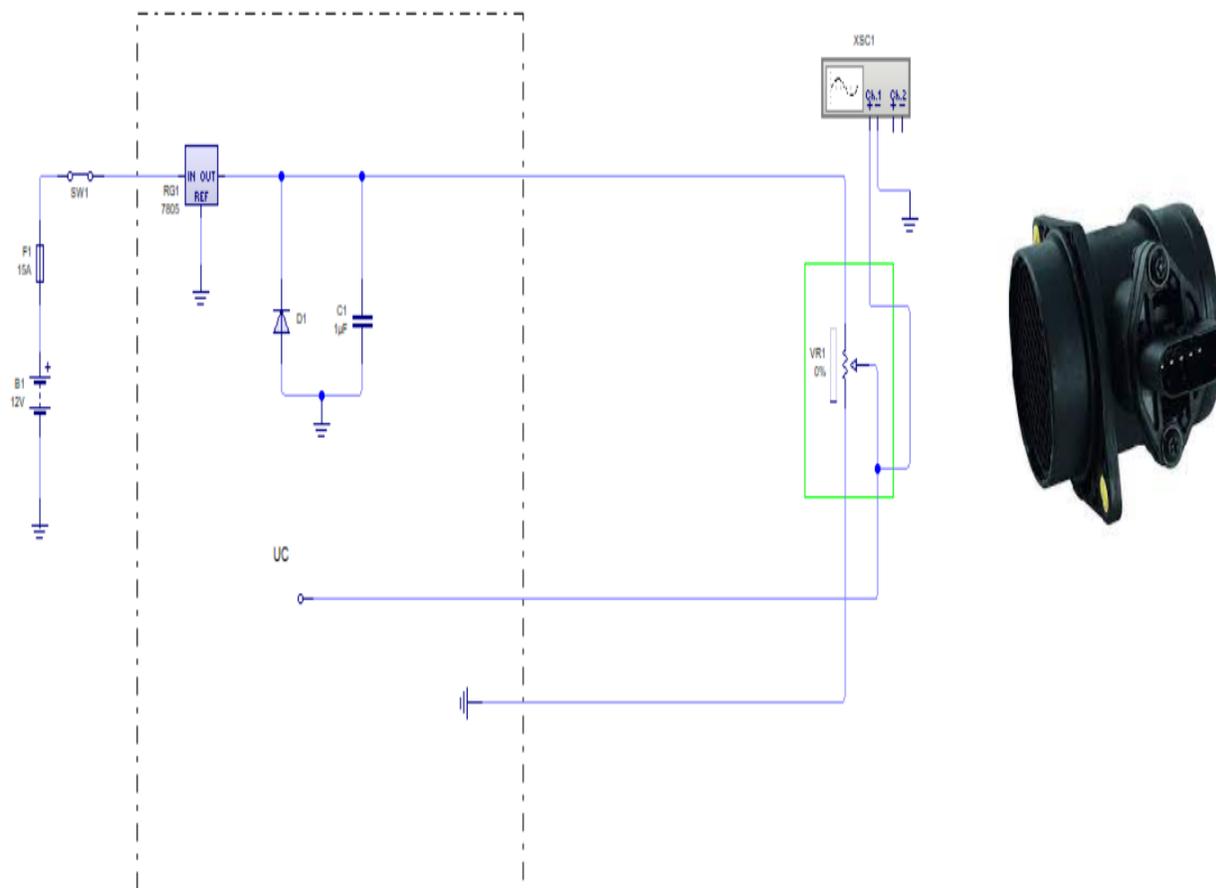
Los valores que se obtienen de este sensor, ya sea que tenga, tres o cinco cables son los siguientes:

- Voltaje de referencia: 5V
- Voltaje de señal: 0.2 a 4.8V
- Masa: 0 a 30 mV

En la figura 35 y 36, se contempla el circuito del sensor MAF, así como, un mapa mental con los aspectos que son de relevancia como: ubicación, voltajes, número de cables, oscilograma, códigos de error, síntomas de falla del sensor y gráfica de comportamiento del sensor MAF.

Figura 35

Circuito y sensor MAF



Nota. En la figura se muestra la representación gráfica del circuito del sensor MAF.

Figura 36

Características del sensor MAF



Nota. En la figura se observa un diagrama donde se aprecia conceptos acerca del sensor MAF.

Sensor de temperatura de aire aspirado (ATS - IAT)

Según Palacios & Rocha (2022), describen que el sensor ATS o IAT es el encargado de enviar la señal de la temperatura que ingresa al múltiple de admisión. Este dispositivo es un termistor del tipo NTC el cual disminuye su resistencia si la temperatura aumenta. Cuando la resistencia está fría indica que existe mucho aire y por ende existe una mayor cantidad de inyección, mientras que, cuando la resistencia está caliente indica que el aire es menor y la inyección debe reducirse. Este sensor se encuentra ubicado en el múltiple de admisión o detrás del filtro de aire, pero siempre se mantiene en contacto directo con el aire de admisión.

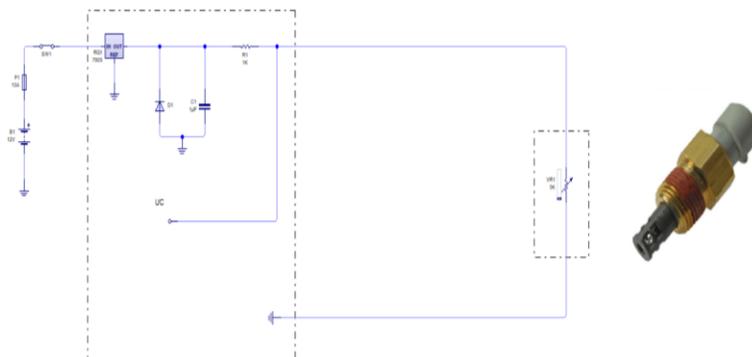
Este sensor posee dos cables los cuales están designados por los siguientes valores:

- Voltaje de referencia: 5V
- Voltaje de señal: 0.4 a 4.5V

En la figura 37 se observa el diagrama del circuito del sensor IAT y los aspectos de relevancia acerca del sensor IAT tales como: número de cables, valores de voltaje, gráfica de comportamiento, códigos de error y síntomas se presenta en la figura 38.

Figura 37

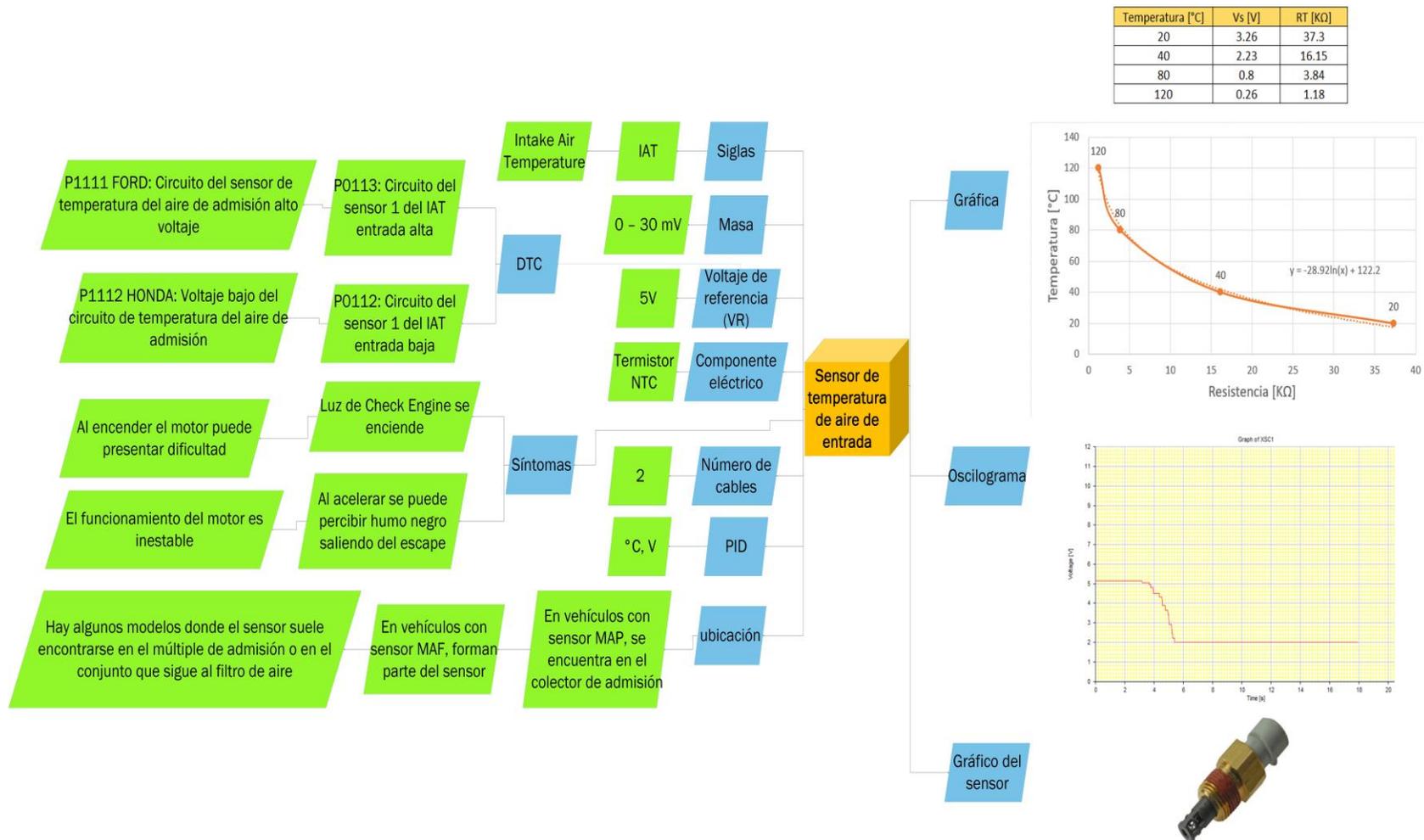
Circuito y sensor IAT



Nota. En la figura se muestra la representación gráfica del circuito del sensor IAT.

Figura 38

Circuito y sensor IAT



Nota. En la figura se muestra la representación gráfica del circuito del sensor IAT

Sensor de oxígeno (EGO)

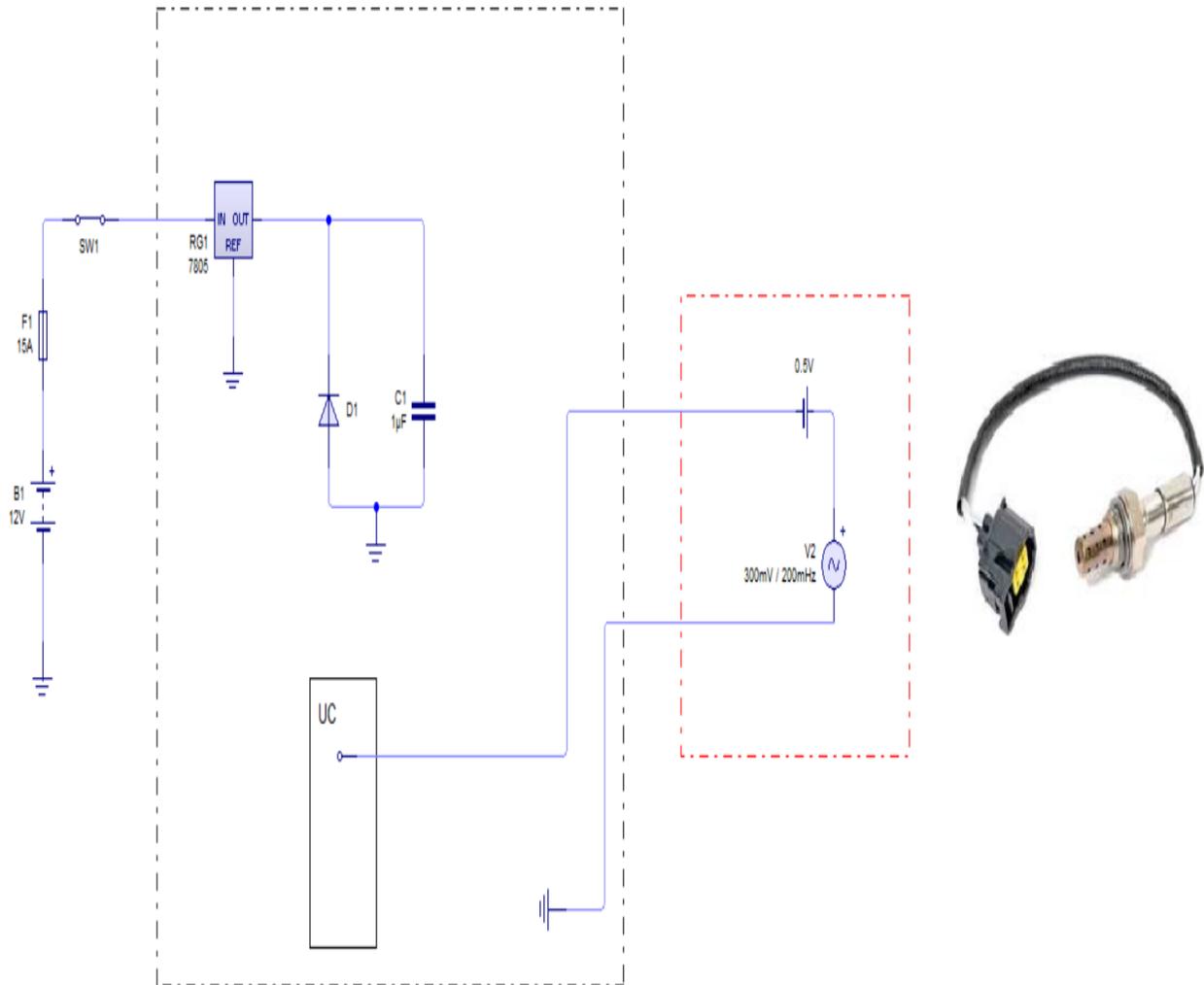
Para Codena & Morales (2022) los sensores de oxígeno o sensores lambda, se encargan de medir la concentración de oxígeno que hay en el humo de escape. Este sensor convierte la cantidad de oxígeno de los gases que produce el automóvil en una señal eléctrica, luego la unidad de control electrónico lee dicha señal para comparar y ver si la mezcla aire combustible es la ideal. Si hay mucho oxígeno en el escape, aumenta el tiempo de inyección y de esta forma se obtiene la potencia óptima del motor, de manera que se obtenga una relación estequiometría de 14.1 partes de aire. Si, por el contrario, se detecta que el nivel de oxígeno es muy bajo, ajusta la cantidad de combustible que entrega, por ser la mezcla muy rica, lo que significa que hay mucha gasolina.

Borja & Salazar (2007) argumentan que, este dispositivo se encuentra ubicado en el múltiple o en el tubo de escape, pero siempre en contacto con los gases de escape combustionados. Existen vehículos que poseen dos sensores de oxígeno, uno se encuentra en el múltiple de escape y el otro se localiza luego del catalizador. Este sensor tiende a fallar debido a los contaminantes presentes en el combustible, aditivos de aceite, selladores de empaques o una mezcla muy rica. La configuración de este dispositivo se presenta de dos, tres y hasta cuatro cables, pero todos cumplen la misma función.

Los valores de voltaje que presenta este tipo de sensor se detallan a continuación:

- Voltaje de referencia: 12V
- Voltaje de señal: 0.2 a 1V

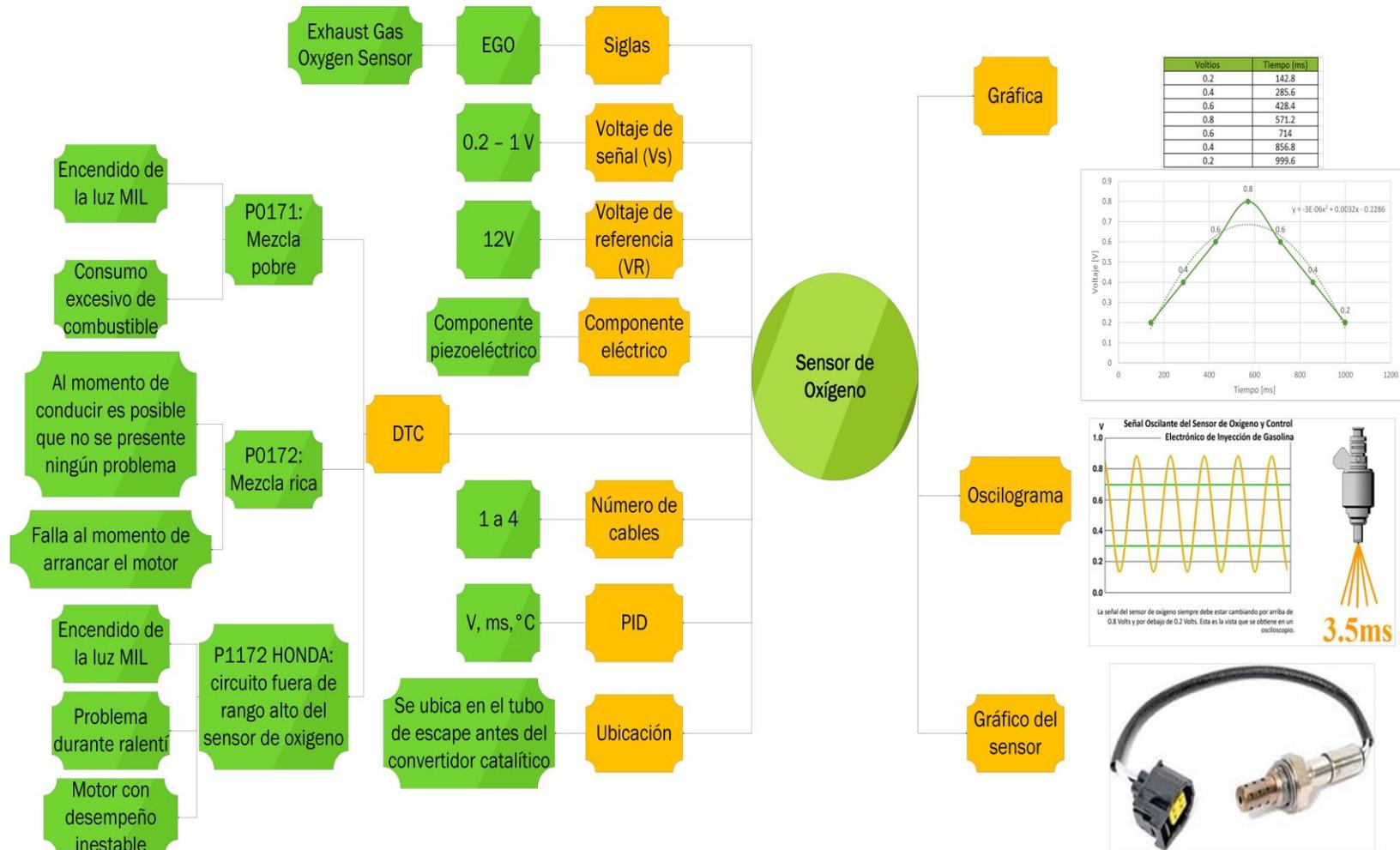
El diagrama del circuito del sensor EGO se detalla en la figura 39. Los síntomas cuando falla este sensor son: luz MIL encendida, falla al momento de arrancar el motor, problema de ralentí. Los códigos relacionados a estos síntomas se detallan en la figura 40, también se presentan características importantes del sensor como: número de cables, tabla de valores, oscilograma y gráfico del sensor.

Figura 39*Circuito y sensor EGO*

Nota. En la figura se muestra la representación gráfica del circuito del sensor EGO

Figura 40

Características del sensor EGO



Nota. En la figura se observa un diagrama en donde se presenta conceptos acerca del sensor MAF.

Sensor de presión absoluta (MAP)

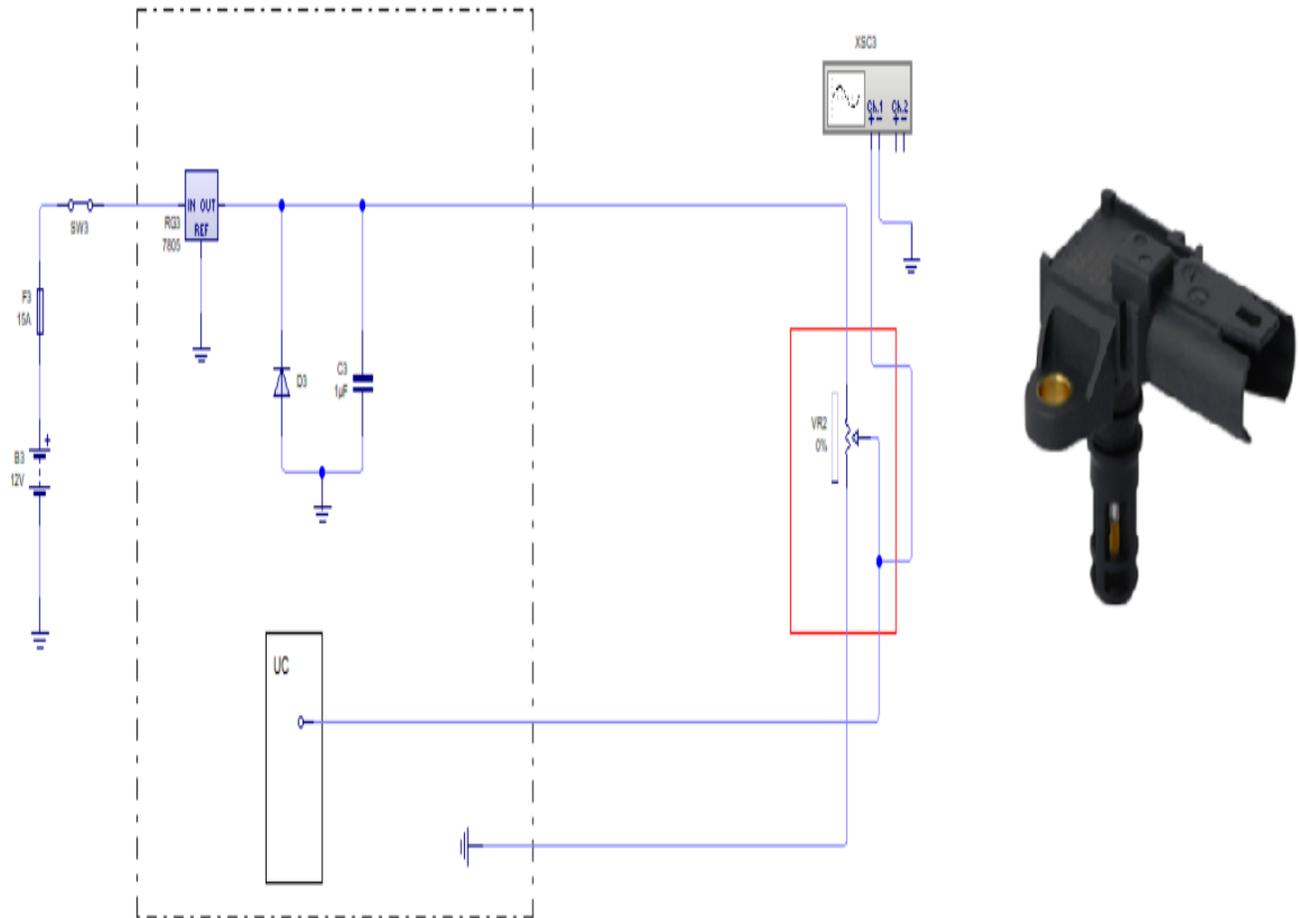
Según Quiroz & Quiroz (2005), el sensor MAP compara la presión de la atmósfera con el múltiple de admisión del carro. Entonces, el sensor produce una señal que indica el nivel de voltaje presente y la transmite a la unidad de control del vehículo. Simultáneamente, la computadora evalúa otros factores internos y toma una decisión sobre la necesidad de aumentar la inyección de combustible.

De acuerdo con Rosero (2014) cuando un vehículo se encuentra en ralentí o experimenta una baja presión de aire, la centralita disminuye el suministro de combustible. En caso contrario, se inyectan más combustible para un óptimo rendimiento. Se ubica en el múltiple de admisión del vehículo, prácticamente en el cuerpo de aceleración. En algunos vehículos, se encuentra en conjunto con la centralita. Existen dos tipos de sensores MAP estos pueden ser analógicos o digitales.

Los voltajes que generalmente funcionan en el MAP son los siguientes:

- Voltaje de referencia: 5V
- Voltaje de señal: 0.2 a 4.8V
- Masa: 0 a 30mV

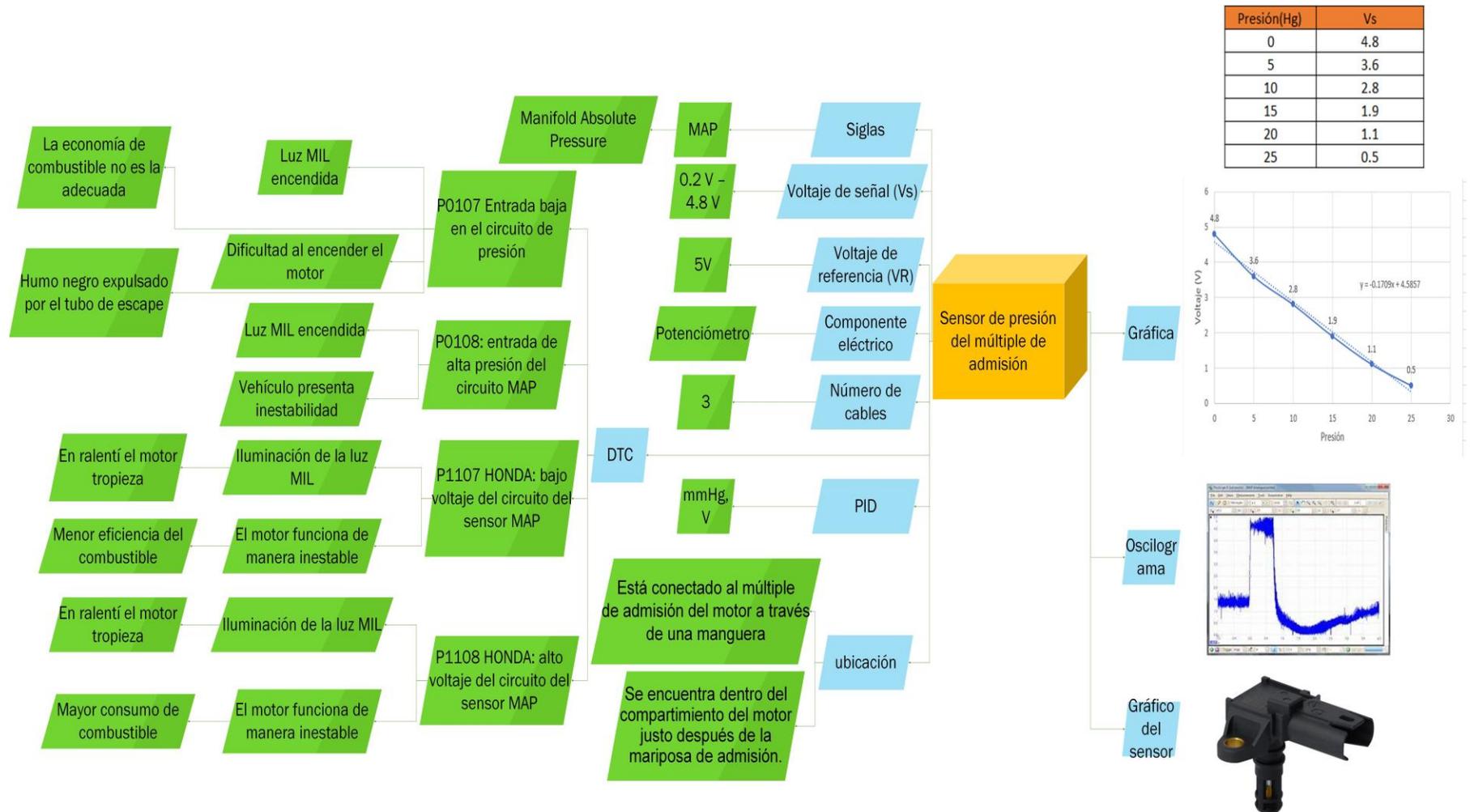
En la figura 41 se muestra el circuito en LiveWire del sensor EGO. Los aspectos que se relacionan a este tipo de sensor se detallan en la figura 42, estos son: códigos de erros, síntomas de falla, tabla de valores, número de cables, gráfico del sensor.

Figura 41*Circuito y sensor MAP*

Nota. En la figura se muestra la representación gráfica del circuito del sensor MAP

Figura 42

Características del sensor MAP



Nota. En la figura se observa un diagrama en donde se presenta conceptos acerca del sensor MAF.

Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

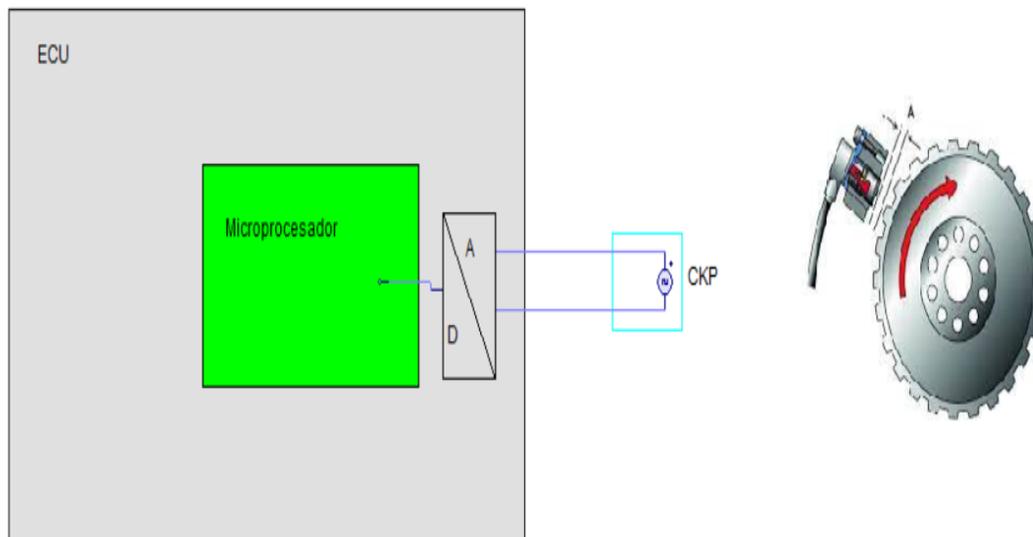
Como expresan Panchi & Salazar (2007), este dispositivo identifica la posición y velocidad de giro del cigüeñal, se compone de un núcleo magnético que está rodeado de un bobinado que genera una señal sinusoidal cuya frecuencia es proporcional al régimen de rotación del motor. El CKP reporta el número y las secuencias de las ranuras del plato convertidor de torsión para brindar información de suma importancia a la unidad de control electrónico. Cuando el motor está equipado con un distribuidor, el sensor CKP se ubica en su interior en su interior. Sin embargo, si el motor no cuenta con un distribuidor, el sensor se localiza en la parte inferior del monoblock, en dirección a la cremallera.

Los voltajes que manejan estos dispositivos son:

- Voltaje de 0 a 120 V AC
- Voltaje referencial: 2.2 a 2.5V

Figura 43

Circuito y sensor CKP



Nota. En la figura se muestra la representación gráfica del circuito del sensor CKP

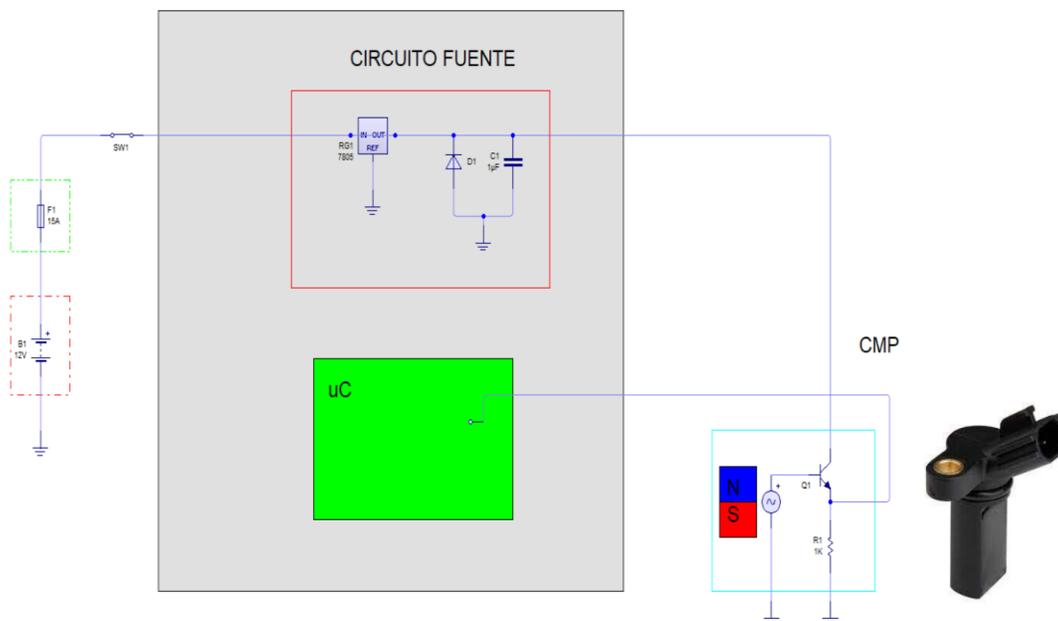
Sensor de posición el árbol de levas (CMP)

Acorde a Hidalgo (2019), este componente es un sistema de precisión, con la ayuda de este sensor se puede ubicar le recorrido del pistón en el cilindro, mediante las señales que detecta a través de la lectura de las ranuras del engranaje del eje de levas y estas a su vez son enviadas a la computadora. La función de este es similar al sensor CKP, de esta forma se puede sincronizar los tiempos de chispa y de inyección que se presenta en el motor y pueden ser:

- Magnético: el sensor posee una bobina donde se crea un campo magnético y de esta forma genera la señal de voltaje que será enviada a la ECU, esta señal varía acorde a la velocidad que detecte el sensor.
- Efecto hall: en este tipo de sensor la señal va a viajar de manera recta en dirección de la fuerza magnética, la cual al rozar con el imán genera una señal.

Figura 44

Circuito y sensor CMP



Nota. En la figura se muestra la representación gráfica del circuito del sensor CMP

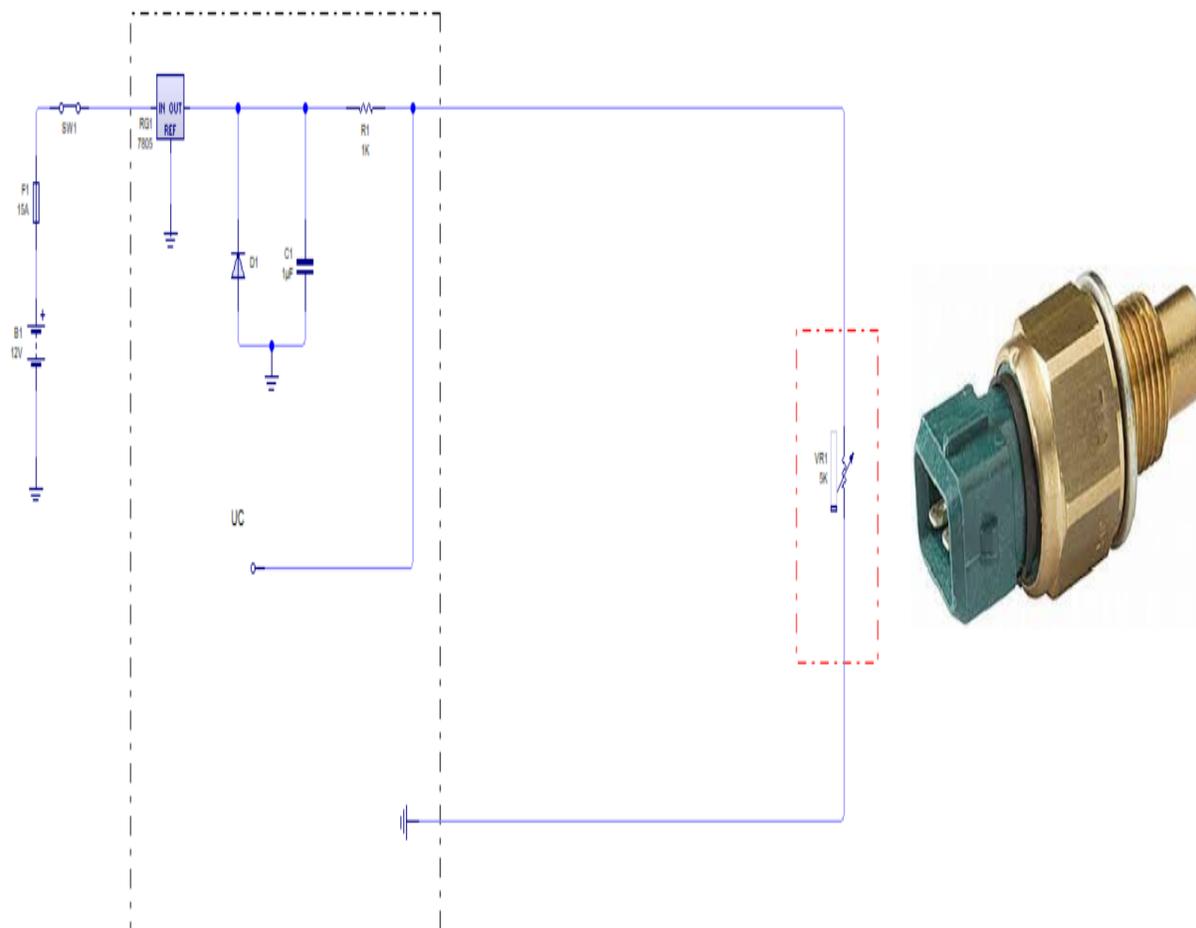
Sensor de temperatura del motor (WTS)

Según Chontasi & Vinlasaca (2018), este sensor permite el registro de la temperatura de funcionamiento del motor. Acorde a las señales que emita este dispositivo la unidad de control ajusta el tiempo de inyección y el ángulo de encendido. Este dispositivo es un termistor del tipo NTC el cual disminuye su resistencia si la temperatura aumenta, esto significa que cuando la temperatura del refrigerante este frío, los valores de resistencia son altos. Mientras que cuando la temperatura del refrigerante está caliente los valores de resistencia son bajos. En algunos casos estos sensores poseen 3 terminales, pese a esto, solo dos de ellos son funcionales. La ubicación del WTS son generalmente en la parte delantera del motor o en la parte lateral del mismo. Las formas de detectar que este sensor está en mal estado son, cuando el sensor presenta un circuito abierto o si la resistencia del sensor es muy baja a temperatura ambiente.

Los voltajes con los que se maneja este sensor son:

- Voltaje de referencia: 5V
- Voltaje de señal: 0.4 a 4.5V
- Masa: 0 a 30mV

El circuito dibujado en LiveWire se muestra en la figura 45. Los DTC más comunes del sensor WTS como el: P0117, P0118, P119. Se presentan en la figura 46, adicionalmente se encuentran características de relevancia del sensor como: oscilograma, tabla de valores, gráfico del sensor, número de cables, PID y ubicación.

Figura 45*Circuito y sensor WTS*

Nota. En la figura se muestra la representación gráfica del sensor WTS.

Figura 46

Características del sensor WTS



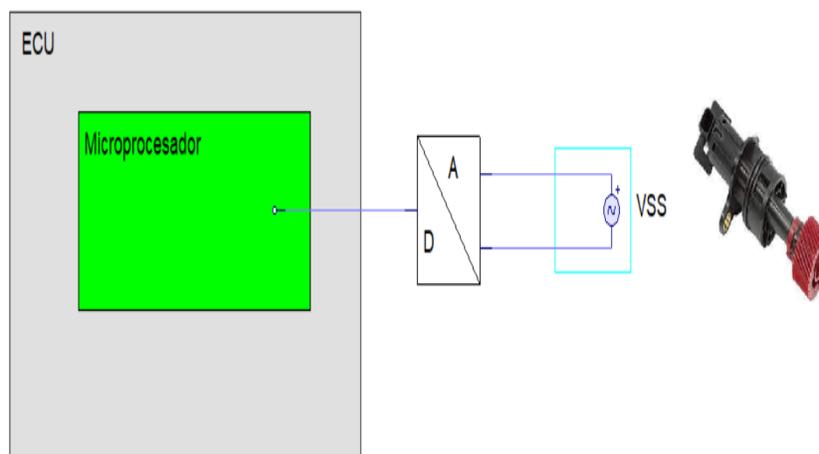
Nota. En la figura se presenta un diagrama con conceptos relevantes del sensor WTS

Sensor de velocidad del vehículo (VSS)

Según Panchi & Salazar (2007), este sensor de velocidad es un dispositivo que genera corriente alterna, este consta de un rotor de imán permanente y una sección bobinada de estator. Estos se encuentran ubicados generalmente en la transmisión, cables del velocímetro o atrás del tablero de instrumentos. El VSS posee un engrane en su extremo y este a su vez es accionado por el engranaje impulsor de la transmisión. Cuando gira el sensor genera un voltaje de corriente alterna que cuanto más rápido gire el motor de combustión interna, más alta será la frecuencia y el voltaje de señal de salida.

Figura 47

Circuito y sensor VSS



Nota. En la figura se muestra la representación gráfica del circuito del sensor VSS.

PCM (Módulo de Control de Potencia)

De acuerdo con Laverde & Panchi (2007) la PCM o también conocida como ECU (Unidad de Control Electrónico), es el elemento central del vehículo, de este dispositivo depende el buen funcionamiento de los elementos eléctricos y electrónicos. Esta es la encargada de recibir los datos que son enviados a través de los sensores, esta información se procesa internamente por medio de

memorias y de forma rápida envía órdenes específicas a los actuadores. De esta forma poder conseguir una dosificación correcta de mezcla, dando como resultado final la determinación del tiempo de inyección y el momento exacto del salto de la chispa de encendido.

Las fallas que puede presentar este dispositivo generalmente se presentan por los picos de voltaje, resultado de los colapsos de los campos magnéticos. Estos se pueden generar cuando se arranca el vehículo empujándolo o cuando se desconecta la batería con las luces encendidas. (Muquinche, 2022, págs. 51-53)

Figura 48

PCM



Nota. En la figura se observa la composición física de la PCM. Tomado de (Donado, 2022).

Constitución de la ECU

Acorde a Claudio & Ichina (2022), la ECU (Unidad de Control Electrónico) está constituida por componentes electrónicos ubicados conjuntamente en placas de circuito impreso y estas a su vez se albergan en cajas de aluminio con destajes en su estructura con el fin de refrigerar los componentes electrónicos. A la ECU llegan múltiples señales acerca del funcionamiento del motor, mismas que son transmitidas por medio de sensores. La unidad de control evalúa y calcula dichas señales para la activación de los elementos actuadores.

El módulo de control electrónico se compone de los siguientes elementos:

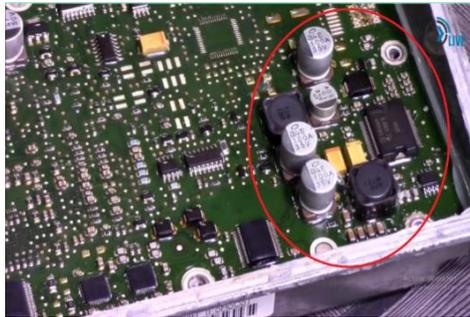
- Circuito fuente
- Circuito de entrada (Periférico)
- Bloque de procesamiento
- Circuito de salida (Drivers)

Circuito fuente

Para Sanchez & Taibe (2018), el circuito fuente se trata de un circuito diseñado con el propósito de proteger y regular la tensión de alimentación principal del módulo de control electrónico. Además, ajusta el voltaje suministrado a la entrada y lo convierte en un valor apropiado para que los elementos del módulo, sensores y actuadores que dependen del circuito fuente de la ECU funcionen con normalidad.

Añazco (2021), indica que el circuito fuente es la parte donde se tiene interacción con el voltaje de entrada y de salida, es decir, desde los sensores hacia los actuadores, los voltajes pueden ser de 5V hasta los 26V (usados para la red CAN). Una ECU necesita recibir una alimentación estable de 12V para su correcto funcionamiento, debido a esto cuenta con distintas partes entre estas existe una que le permite un suministro de energía estable. Los componentes del circuito fuente son las siguientes:

- Capacitores electrolíticos (componentes de montaje superficial).
- Capacitores de tantalio (los de color amarillo).
- Bobinas de inductancia (trabajo de estabilidad en el circuito interno).
- Capacitores cerámicos (de tipo Farah) son de menor tamaño y menor capacitancia.
- Diodo rectificador, impide el paso de corriente.
- Regulador de voltaje

Figura 49*Circuito fuente*

Nota. En la figura se muestra la ubicación y partes del circuito fuente. Tomado de (Añazco, 2021).

Circuito de entrada (Periférico)

Según Serravalle (2011), el bloque de entrada son todos los circuitos que se encuentran como receptores de las distintas señales que van a ingresar a la ECU, su ubicación se encuentra antes de la llegada al microprocesador. En este sentido se encuentra, filtros, conversores análogos a digital, amplificadores, comparadores, recortadores, entre otros.

Acorde a Rea & Villacis (2023), las partes del circuito de entrada son las siguientes:

- Regulador de tensión: se utiliza como señal de entrada para la operación de memorias, microprocesadores y los diferentes sensores que intervienen en el motor. La variación de voltaje generado por la batería es de $5V \pm 15\%$.
- Filtrado de señales: estos presentan una señal analógica o digital tanto en su entrada como salida
- Conformadores de impulso: reciben los impulsos de tensión de los órganos de información de encendido, dichos impulsos se modifican en forma y magnitud de tal manera que puedan ser procesados por el microprocesador.

- Convertidor analógico-digital: se encarga de recibir señales provenientes de sensores al microprocesador, si estas señales son analógicas, son convertidas a digitales. Dicho proceso se lleva a cabo mediante transistores de saturación o corte, los mismos que realizan el trabajo de activación o desactivación como lo hace un relé.

La falla que se presenta en este bloque son las siguientes:

- No existe señal de 4.5V a 5V en el sensor.
- No existe pulso de 12V en los actuadores.

Bloque de procesamiento

El bloque de procesamiento se considera la parte “lógica y operacional del módulo en donde se encuentran almacenados datos de funcionamiento (Memoria) y el (procesador) encargado de operar controles y señales del módulo” (Sanchez & Taipe, 2018).

Para Serravalle (2011), el bloque de procesamiento es un circuito que desarrolla las funciones programadas y que están formados por el procesador, memorias y todo circuito que se vea involucrado en la ejecución del software.

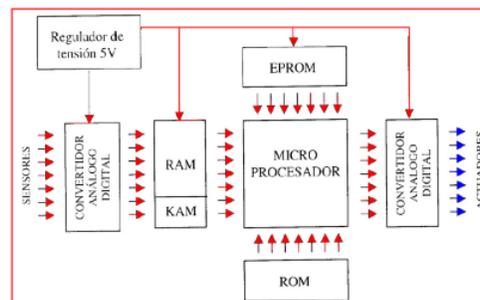
Según Torres (2017), el bloque de procesamiento en su interior se conforma de los siguientes elementos:

- Memoria RAM: Realiza los cálculos matemáticos acorde a las señales de entrada y se borra cuando se apaga el motor.
- Memoria KAM: esta vive en la memoria RAM y cumple la función de guardar datos que no se pueden perder al cerrar el contacto como códigos de fallas. Esta memoria no se borra la apagar el motor sin embargo borra sus datos cuando se desconecta la batería.

- Memoria EPROM: en esta memoria el microprocesador consulta todas las calibraciones del vehículo. Al cerrar el contacto o desconectar la batería esta no se borra.
- Memoria ROM: esta mantiene grabados los programas con todos los datos, curvas características, valores teóricos, entre otros, con los que funciona el sistema. Esta memoria compara datos con el microprocesador y cuando el microprocesador detecta alguna anomalía en la señal este lo remplazará por un valor de la memoria ROM.
- Microprocesador: es el paquete de datos que se encuentra dentro del control electrónico para mejorar el funcionamiento y control del motor. Este incluye todos los cálculos, toma de decisiones y estrategia de emergencia.

Figura 50

Bloque de procesamiento



Nota. En la figura se muestra la constitución del bloque de procesamiento: memorias (RAM, KAM, EPROM, ROM) y microprocesador. Tomado de (Torres, 2017).

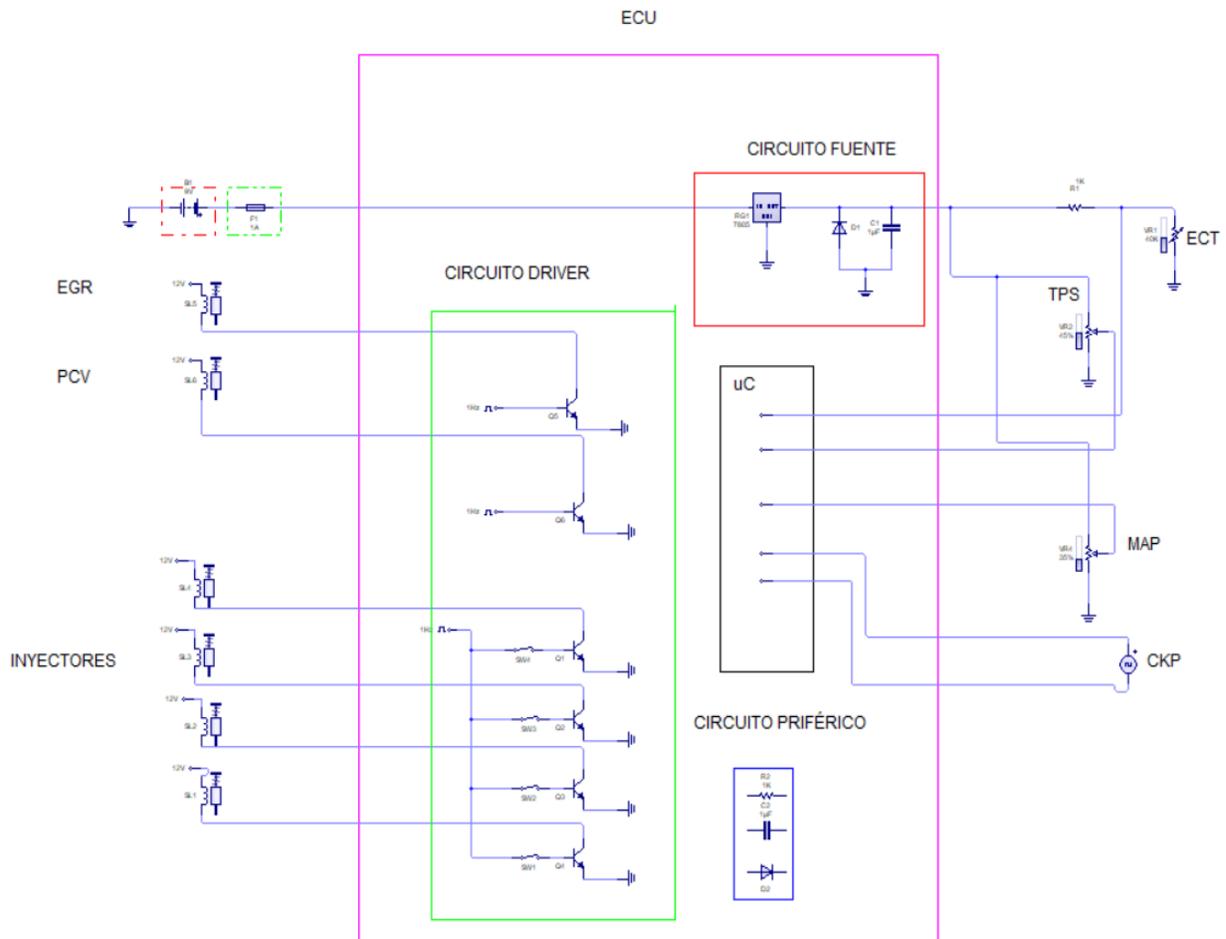
Circuito de salida (Drivers)

Para Serravalle (2011), el circuito de salida se conforma por circuitos que se encuentran en las salidas de microprocesador y los diferentes elementos que van a ser actuados tales como: amplificadores, circuitos de potencia con transistores (conocidos como drivers), entre otros. Estos están

bajo el control del microprocesador y actúan sobre los diferentes componentes de potencia como, bobinas de encendido, inyectores, relés, etc.

Figura 51

Composición de la unidad de control electrónico



Nota. En la figura se muestra las partes que constituyen a la unidad de control electrónica.

Actuadores

Acorde a Hidalgo (2019), los actuadores son denominados también mecanismos electromecánicos son dispositivos capaces de transformar las señales eléctricas en: energía eléctrica,

hidráulica o neumática. Dentro del vehículo son los encargados de ejecutar tareas en distintas partes como: el motor, sistemas de seguridad activa y pasiva.

Palacios & Rocha (2022) mencionan que, los actuadores son controlados por la unidad de control electrónico, la misma que realiza el control de cada uno de estos, puesto que los actuadores reciben en la mayoría de casos los 12V de alimentación directa de la batería. Los actuadores reciben el control de masa por medio de transistores, los mismo que se ubican en la parte interna de la ECU.

Inyectores

Chontasi & Vinlasaca (2018) mencionan que, los inyectores son solenoides controlados y accionados por la unidad de control electrónica (ECU). Estos son los encargados de rociar la gasolina a la cámara de combustión. Cuando se activa la llave de encendido estos reciben una corriente positiva de 12 V, la corriente negativa o tierra es controlada por la computadora. La presión de gasolina y el tiempo de apertura del inyector son los factores que determinan la pulverización del inyector. Estos factores son los que hay que controlar para poder llegar a obtener una mezcla óptima.

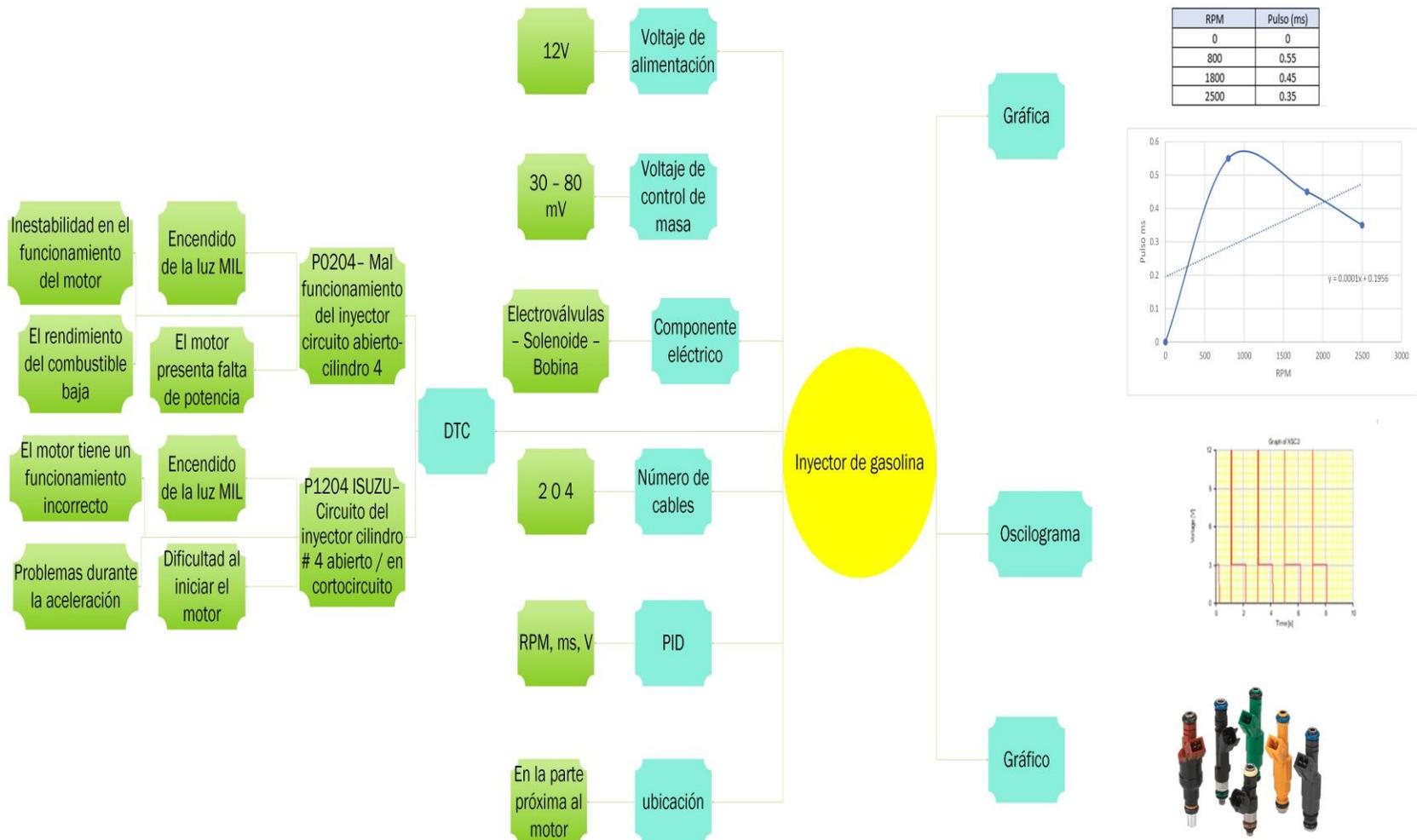
Los voltajes de los inyectores son los siguientes:

- Voltaje de alimentación: 12V
- Voltaje de control de masa: 30 – 80 mV

Los códigos de error, síntomas de falla, oscilograma, numero de cables, voltajes de los inyectores se encuentran detallados en el diagrama que se presenta en la figura 52. Mientras que el diagrama de los inyectores trazados en LiveWire se presentan en la figura 53.

Figura 52

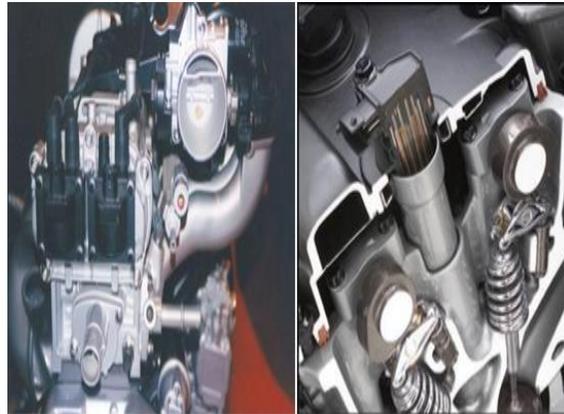
Características de los inyectores de gasolina



Nota. En la figura se observa un diagrama mental con las características de los inyectores de gasolina.

Figura 54

Bobina de encendido



Nota. En la figura se muestra la predisposición de las bobinas en el motor. Tomado de (Laica, 2012).

Válvula ISC – IAC

Esta válvula controla la rotación del motor en ralentí, esta válvula altera la rotación en ralentí y ayuda a que el motor pare. La IAC se encuentra “ubicada en el cuerpo de la válvula de la mariposa de aceleración” (Quiroz & Quiroz, 2005). El émbolo de forma cónica que posee la válvula, se retrae para que el flujo de aire aumente. Por el contrario, cuando disminuye el flujo de aire el embolo se extiende. Este permite la reducción o aumento de rotación en ralentí del motor.

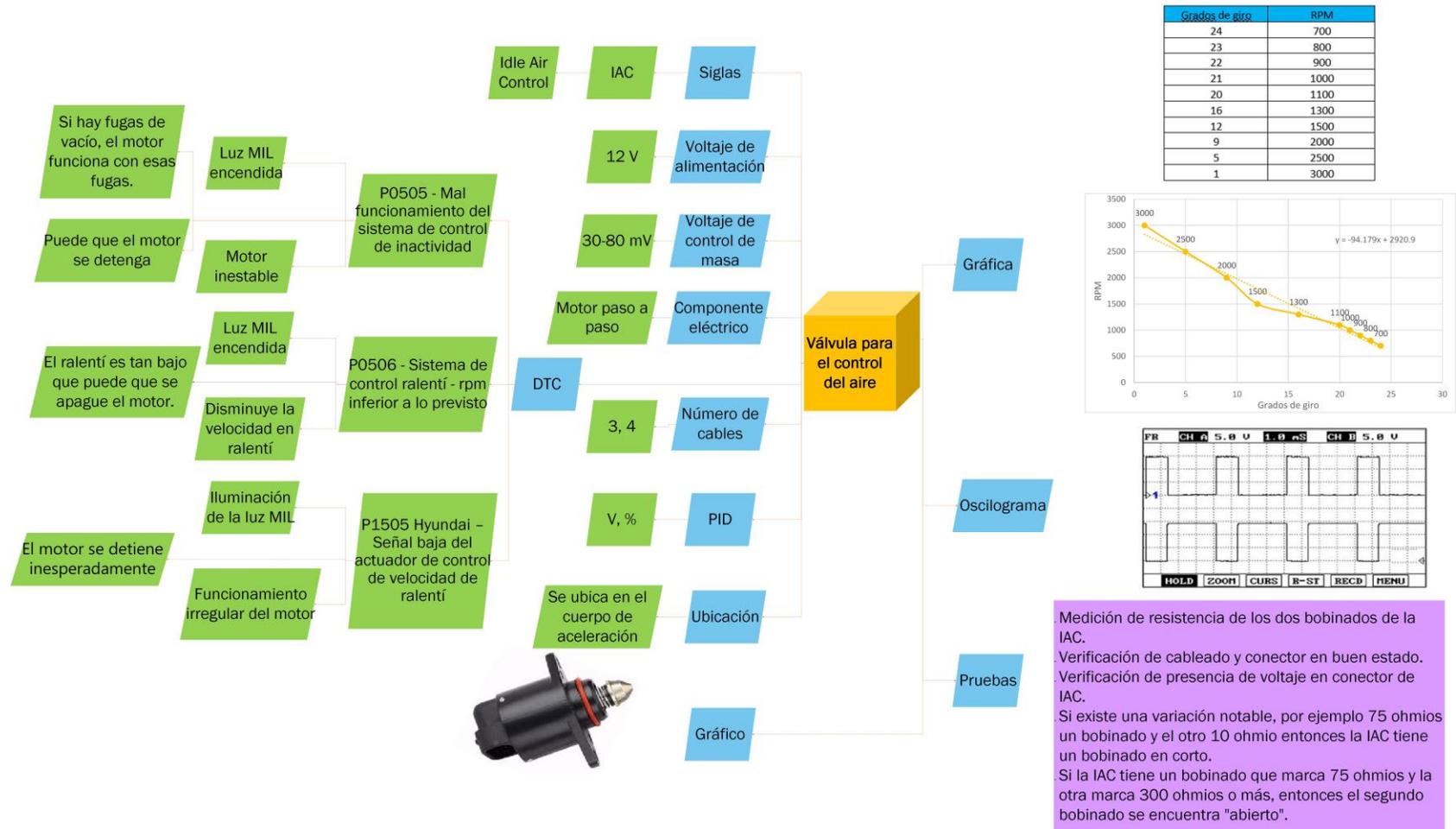
Los voltajes de la válvula IAC son los siguientes:

- Voltaje de alimentación: 12V
- Voltaje de control de masa: 30 – 80 mV

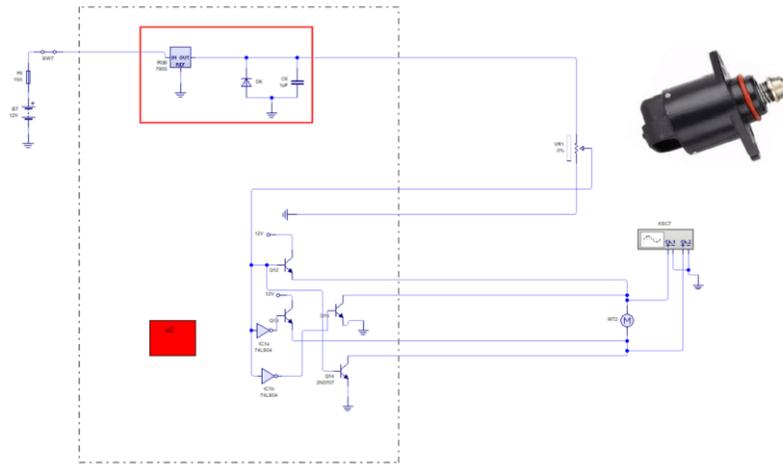
En la figura 55, se detallan las características de la válvula de control de aire de ralentí, también se describen las pruebas que se realizan a la válvula para asegurar su buen funcionamiento. El Diagrama en LiveWire de circuito de la válvula IAC se muestra en la figura 56.

Figura 55

Características de la válvula IAC



Nota. En la figura se observa un diagrama mental con las características y pruebas de la válvula IAC.

Figura 56**Válvula IAC**

Nota. En la figura se muestra la representación gráfica de la válvula IAC.

Válvula VSV – EGR

Acorde a Rosero (2014) , la función de esta válvula es reducir las emisiones del óxido de nitrógeno y mejorar el rendimiento térmico del motor. La EGR utiliza un bajo porcentaje de los gases producidos durante la combustión para reingresarlos en el colector de admisión, esta acción permite reducir el consumo de combustible. La válvula está situada entre el colector de entrada y el de salida.

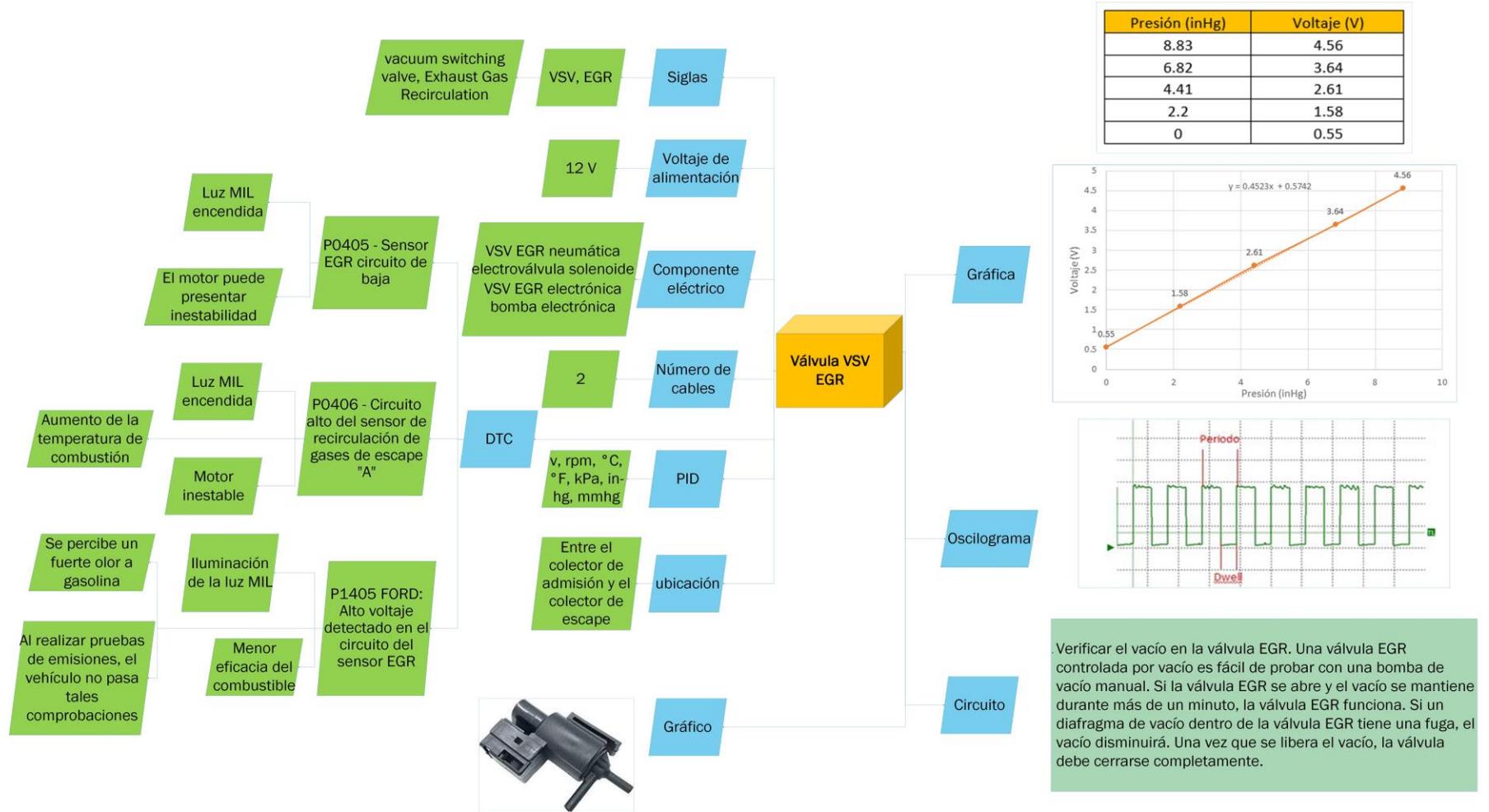
Los voltajes de la válvula EGR son los siguientes:

- Voltaje de alimentación: 12V
- Voltaje de control de masa: 30 – 80 mv

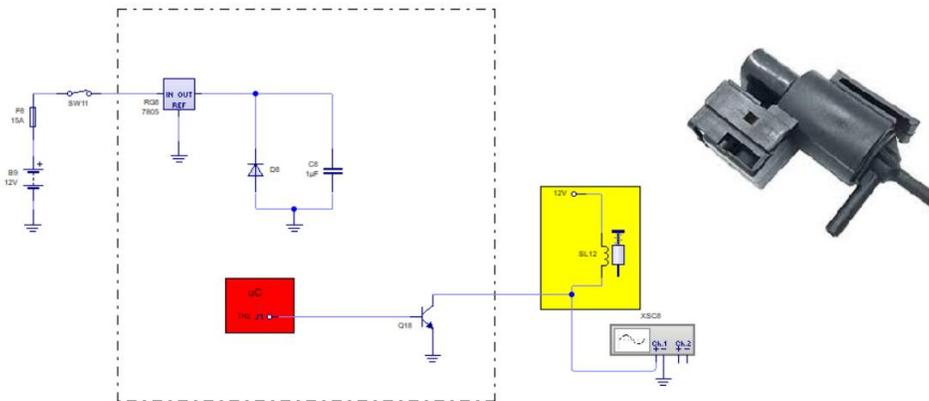
En la figura 57 se detallan las características de la válvula de recirculación de gases, también se describen las pruebas que se realizan a la válvula para asegurar su buen funcionamiento. En la figura 58 se muestra el diagrama en LiveWire del circuito de la válvula EGR.

Figura 57

Características de la válvula EGR



Nota. En la figura se observa un diagrama mental con las características y pruebas de la válvula EGR.

Figura 58*Válvula EGR*

Nota. En la figura se muestra la representación gráfica de la válvula EGR.

Electrobomba de combustible

Borja & Salazar (2007) mencionan que, la bomba se encuentra ubicada en el depósito de combustible es de tipo eléctrico y envía el flujo de combustible a través del filtro para luego su distribución por medio del distribuidor de combustible. La bomba suministra combustible con una presión mayor que la necesaria por los inyectores. El regulador de presión, localizado en el distribuidor de combustible, es responsable de controlar la presión de suministro a los inyectores. El exceso de combustible no utilizado se devuelve al depósito.

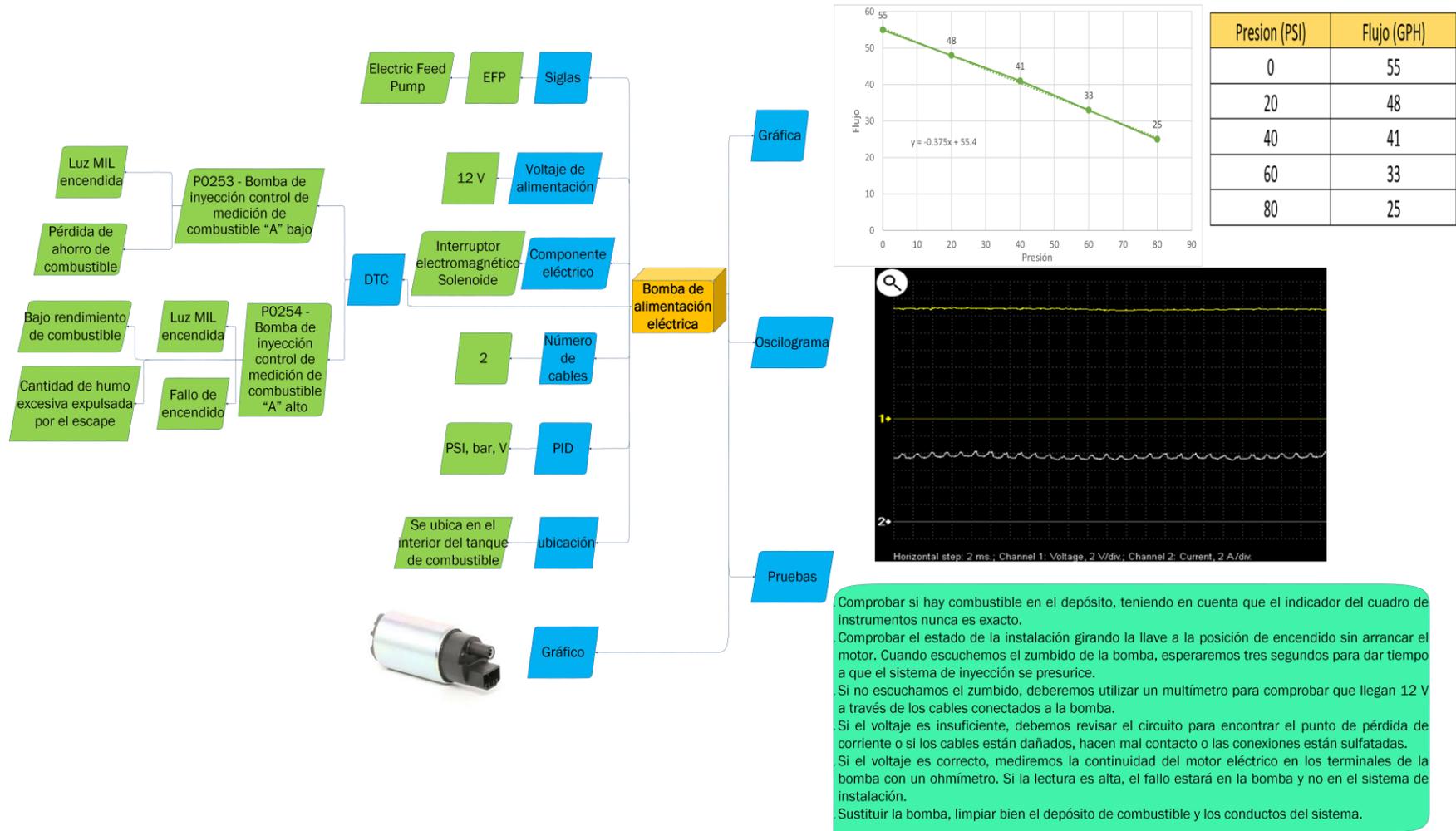
Los voltajes que presenta este dispositivo son los siguientes:

- Voltaje de alimentación: 12V
- Voltaje de control de masa: 30 – 80 mV

En la figura 59 se detallan las características de la electrobomba de combustible, también se describen las pruebas que se realizan a la válvula para asegurar su buen funcionamiento. Mientras que, en la figura 60 se aprecia el diagrama del circuito de la electrobomba de gasolina en LiveWire.

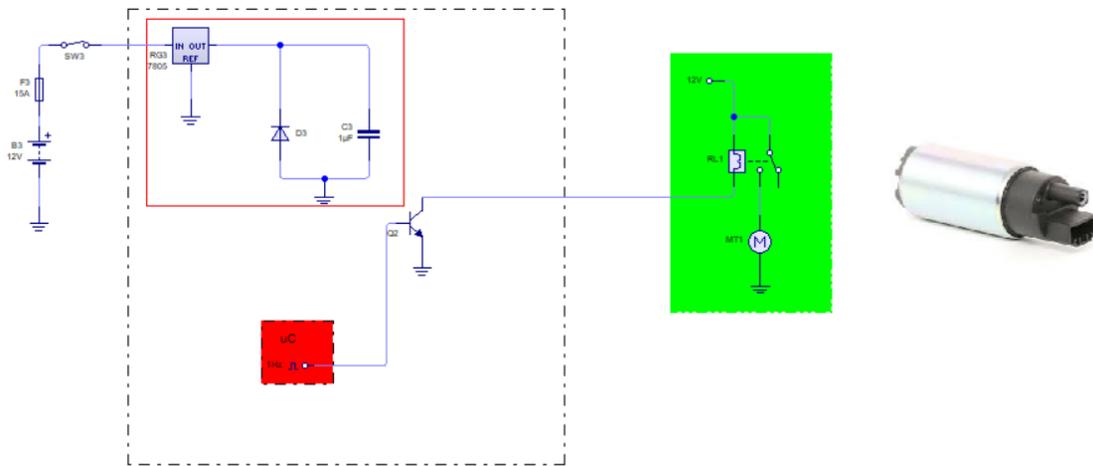
Figura 59

Características de la electrobomba de gasolina



Nota. En la figura se observa un diagrama mental con las características y pruebas de la electrobomba de combustible.

Figura 60

Electrobomba de combustible

Nota. En la figura se muestra la representación gráfica de la electrobomba de combustible.

Sistema de encendido

El sistema de encendido basa su funcionamiento en generar una chispa la cual es necesaria para llevar a cabo la combustión. La función principal de este sistema consiste en suministrar la energía necesaria al motor de combustión para mantener sus ciclos. Además, este sistema también es el encargado de almacenar y producir energía eléctrica mediante la batería y el alternador. Este sistema acorde a Panchi & Salazar (2007) se encuentra formado por los siguientes elementos:

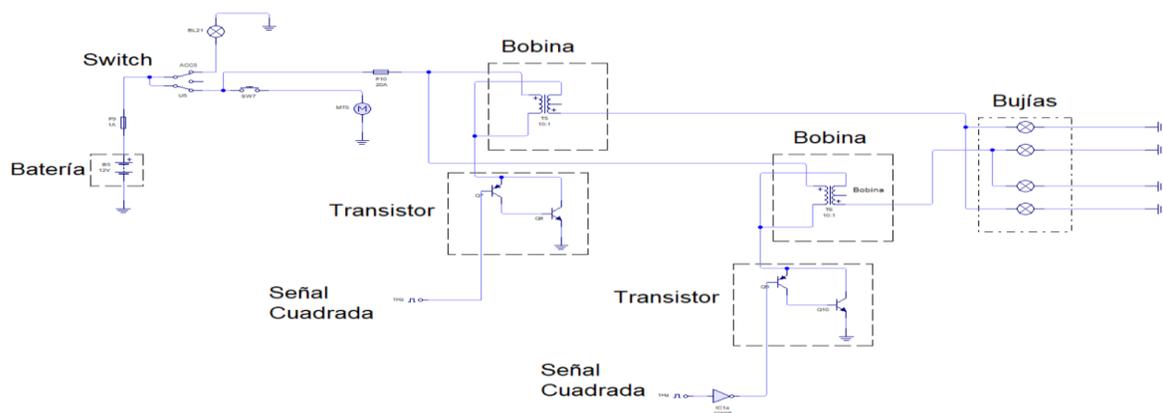
- Bobinas de encendido: estos elementos elevan la tensión para producir chispa en las bujías
- Bujías: generan el arco eléctrico entre sus electrodos.
- Unidad de control de encendido: tiene la responsabilidad de regular el circuito de la bobina primaria para activar o desactivar el sistema de encendido.
- Interruptor de encendido: es el encargado de encender o apagar el sistema.
- Batería: es la fuente de energía del sistema de encendido.

- Sensor de posición del cigüeñal (CKP): este dispositivo se encarga de detectar la posición o la carrera del pistón.

Sensor de posición del árbol de levas (CMP): este sensor detecta la sincronización de las válvulas.

Figura 61

Sistema de encendido electrónico



Nota. En la figura se muestra el diagrama del circuito del sistema de encendido electrónico por chispa perdida del motor.

Subsistema de alimentación

Este subsistema busca hacer llegar el combustible hacia el cilindro para realizar la combustión.

Los elementos que conforman este sistema, son los siguientes:

Depósito de combustible

Acorde a Abarca et al. (2022) el depósito es un contenedor cuya función principal es la de almacenar de forma segura el fluido inflamable (gasolina). Además de almacenar el combustible, también lo impulsa por medio de la bomba de combustible para que de esta forma llegue al motor para su combustión. Este elemento se encuentra localizado en la parte posterior del vehículo los materiales suelen ser de aluminio, y acero.

Figura 62*Depósito de combustible*

Nota. En la figura se observa depósito de combustible del motor Hyundai Scoupe.

Bomba eléctrica de combustible

Acorde a Quintanilla & Rocha (2008), este dispositivo tiene un motor eléctrico de imanes permanentes de gran potencia, esta debe tener un funcionamiento continuo para poder mantener una presión estable. La bomba de gasolina cuando entra en funcionamiento adquiere una temperatura demasiado alta, por esta razón ha sido diseñada para que pueda estar inmersa dentro del depósito y de esta forma pueda ser enfriada por el líquido. Esta bomba incorpora un medidor de nivel de combustible y un pre - filtro de combustible.

Figura 63*Bomba de gasolina*

Nota. En la figura se observa la representación gráfica de la bomba de gasolina. Tomado de (López, 2021).

Mangueras y cañerías de alta presión

Según Cabrera & Cifuentes (2009), estas mangueras son el medio por el cual el combustible llega hacia el motor. Este sistema consta de tres líneas que son: la línea de abastecimiento de combustible, a través de esta el combustible llega desde el depósito hacia los inyectores, debe soportar altas presiones. La línea de retorno inicia su recorrido en el regulador de presión el cual envía el exceso de combustible hacia el depósito. La línea de desfogue se encarga de enviar los vapores generados hacia el cánister y posteriormente al múltiple de admisión para que estos sean combustiónados. La bomba incorpora un medidor de nivel de combustible y un pre - filtro de combustible.

Figura 64

Mangueras de alimentación de combustible



Nota. En la figura se observa la representación gráfica de las mangueras de alimentación de combustible del motor Hyundai Scoupe.

Filtro de combustible

Quintanilla & Rocha (2008) mencionan que, el filtro es el encargado de retener pequeñas partículas de suciedad generadas en el tanque de combustible. El filtro se encuentra entre el tanque de combustible y el riel de inyectores. Este elemento no puede ser lavado o sometido a algún mantenimiento, ya que, por su composición, es de carácter obligatorio realizar su cambio cuando este lo exija.

Figura 65

Filtro de gasolina



Nota. En la figura se observa la representación gráfica del filtro de gasolina del motor Hyundai Scoupe.

Regulador de la presión de inyección

Acorde Laverde & Panchi (2007), este elemento es el encargado de transferir el combustible al depósito por medio de la línea de retorno, en caso de que la presión se haya superado en el riel de inyectores. Este regulador se puede encontrar comunicado con el múltiple de admisión, en la rampa de inyección, en el tanque o situado en la bomba de gasolina.

Figura 66

Regulador de presión



Nota. En la figura se el regulador de presión del motor Hyundai Scoupe.

Inyectores

Según Rosero (2014), estos elementos son los encargados de realizar la pulverización hacia la cámara de combustión. Su funcionamiento es electrónico y son comandados por la unidad de control electrónico para ajustar el tiempo de apertura. Estos pueden estar en la parte interior (cercana) a la cámara de combustión o fuera de la cámara de combustión.

Figura 67

Inyectores



Nota. En la figura se observa la representación gráfica de los inyectores del motor Hyundai Scoupe.

Subsistema de control de aire

Los subsistemas de control de aire tienen como misión garantizar el correcto funcionamiento del motor de combustión interna, mediante procesos digitales lo que incide en utilizar parámetros de funcionamiento del motor, tal como presión, volumen y temperatura del aire. Lo que significa que estas magnitudes físicas son proporcionadas por sensores, y con las cuales remite datos con dirección a la Unidad de Control Electrónica (ECU), de manera que esta recibe y envía señales eléctricas a los distintos actuadores que dispone el motor para modificar así su funcionamiento.

Para determinar si un subsistema está operando en condiciones óptimas, es necesario realizar medición de gases de escape mediante sondas que permiten tipificar la etapa de la combustión. Así mismo se puede realizar un análisis mediante la inspección visual de los gases de escape, un aspecto clave al realizar este tipo de inspección es el color de gas que proviene del motor y este a su vez circula por el tubo de escape.

Ramírez (2017) menciona que el subsistema de control de aire es aquel que se encarga de regular la cantidad de aire que se requiere para la combustión, es de gran importancia para el desempeño del motor puesto que los componentes que integran este sistema pueden ser dispositivos electrónicos o también como otros elementos, tal como el filtro de aire, encargado de impedir las contaminaciones sólidas sostenidas en el aire que puedan perjudicar los elementos móviles del motor. Los componentes principales que intervienen en este sistema son los siguiente:

Colector de admisión

El colector de admisión es un componente principal ya que a través de este se distribuye la mezcla de aire y combustible de forma equitativa a cada uno de los cilindros del motor. Se ubica en la culata del motor y su material de fabricación puede ser de aluminio, hierro fundido o plástico.

Filtro de aire

Este componente evita el ingreso de impurezas en el aire desde el exterior y de esa manera evita contaminar la mezcla de aire-combustible. Es importante realizar la limpieza o intercambio de este componente cada 15000 km.

Cuerpo de aceleración

Este dispositivo permite el ingreso de aire hacia el colector de admisión y finalmente al motor. El conductor a través del pedal de aceleración puede controlar el ingreso de aire, al acelerar o desacelerar la mariposa que se encuentra dentro del cuerpo de aceleración se abre o se cierra. Al igual que los otros componentes es importante realizar el mantenimiento correspondiente.

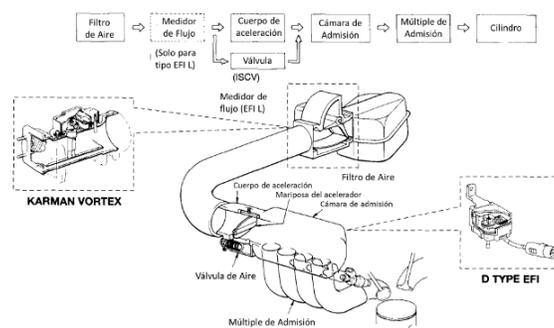
Válvula de mariposa

Este mecanismo interrumpe o regula el flujo de aire, en función de las necesidades del motor, aumentando o reduciendo la sección de paso mediante la mariposa. Al reducir mucho esta válvula el motor pierde potencia por consiguiente la velocidad de ralentí puede ser irregular.

(págs. 34-45)

Figura 68

Piezas que integran al sistema de admisión



Nota. En la figura se observa los distintos componentes que integran el subsistema de control de aire.

Tomado de (Gutiérrez, 2021)

Subsistema autodiagnóstico

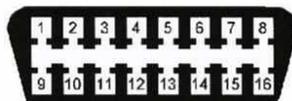
Los vehículos que poseen motores con sistema de inyección electrónica integran un dispositivo llamado diagnóstico a bordo u OBD, es decir que este subsistema monitoriza los distintos sistemas del vehículo a través de los datos o señales que envían los dispositivos electrónicos tales como sensores y actuadores, esta información es almacenada en la Unidad de Control Electrónico (ECU), con la asistencia de equipos de diagnóstico automotriz (Scanner Automotriz) se controla todos los elementos en tiempo real, proporcionando continuamente los parámetros y datos del motor como las emisiones, el sistema de inyección o la admisión de aire al motor.

La identificación de los códigos de fallas se le conoce con las siglas DTC, existen dos tipos de códigos conocidos como continuos y bajo demanda. Los continuos se presentan después de encender el motor mientras que los de bajo demanda se presentan hasta que las condiciones del vehículo alcancen aquellas esperadas por el diagnóstico. La forma de obtener los códigos de fallas se realiza conectando el Scanner de Diagnóstico Automotriz con el conector DLC (Data Link Connector), vale la pena aclarar que el conector DLC es un dispositivo con el cual obtenemos comunicación con todas las Unidades de Control Electrónico (ECU). Por lo general el conector DLC se ubica debajo del tablero de control del vehículo, exactamente debajo del volante o en algunos modelos en la fusilera. (Carrión & Ramírez, 2019, pág. 13)

Figura 69

Terminales del Conector OBDII

Terminales del Conector OBDII



| | |
|--------------------------|---------------------------|
| 1 – Sin uso | 9 – Sin uso |
| 2 - J1850 Bus positivo | 10 - J1850 Bus negativo |
| 3 – Sin uso | 11 – Sin uso |
| 4 - Tierra del Vehículo | 12 – Sin uso |
| 5 – Tierra de la Señal | 13 – Tierra de la señal |
| 6 - CAN High | 14 - CAN Low |
| 7 - ISO 9141-2 - Línea K | 15 - ISO 9141-2 - Línea L |
| 8 – Sin uso | 16 - Batería - positivo |

Nota. En la figura se observa los pines de entrada y salida del conector DLC con sus respectivas funciones que desempeñan. Tomado (INGENIERIA Y MECANICA AUTOMOTRIZ, 2020).

De acuerdo con Núñez (2015) los códigos DTC se clasifican en:

Códigos pendientes

Este tipo de códigos que se genera en el vehículo se da cuando la computadora de a bordo detecta un problema y se pueden suponer que proviene de un monitoreo no continuo, por lo que aún no alcanza el nivel necesario para encender la luz de advertencia del motor. Para interpretar los códigos pendientes es necesario obtener los detalles exactos del vehículo como por ejemplo el año, la marca y el modelo.

Códigos continuos

Este tipo de códigos son secuencias numéricas empleadas en el vehículo, lo que indica este tipo de códigos son fallas o dificultades constantes en uno de los sistemas bajo supervisión. A diferencia de los códigos pendientes en este tipo de códigos la luz de verificación del motor se enciende en el panel de instrumentos. Estos códigos son útiles para que técnicos identifiquen el problema específico que está afectando el funcionamiento del vehículo.

Códigos Intermitentes

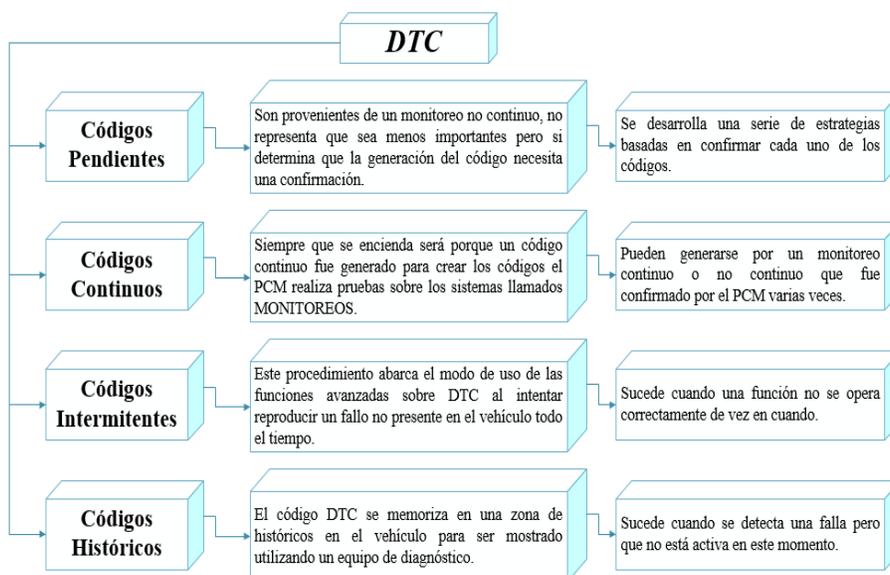
Son combinaciones numéricas empleadas en vehículos para detectar problemas que se manifiestan de manera intermitente en diversos sistemas. Cuando un automóvil presenta códigos DTC intermitentes, esto señala que la computadora a bordo ha identificado dificultades que no son constantes, sino que emergen en momentos específicos o en condiciones particulares. Estos códigos pueden resultar más complejos de diagnosticar, ya que los problemas que representan pueden ser ocasionales y no estar presentes siempre durante la valoración.

Códigos Históricos

Los códigos históricos son secuencias numéricas empleadas en vehículos con el fin de señalar dificultades que han tenido lugar en el pasado y que en el momento actual ya no están presentes. Estos códigos representan registros de sucesos previos en los sistemas del vehículo que la Unidad de Control Electrónica (ECU) ha detectado y archivado. (págs. 18-21)

Figura 70

Clasificación de los códigos DTC



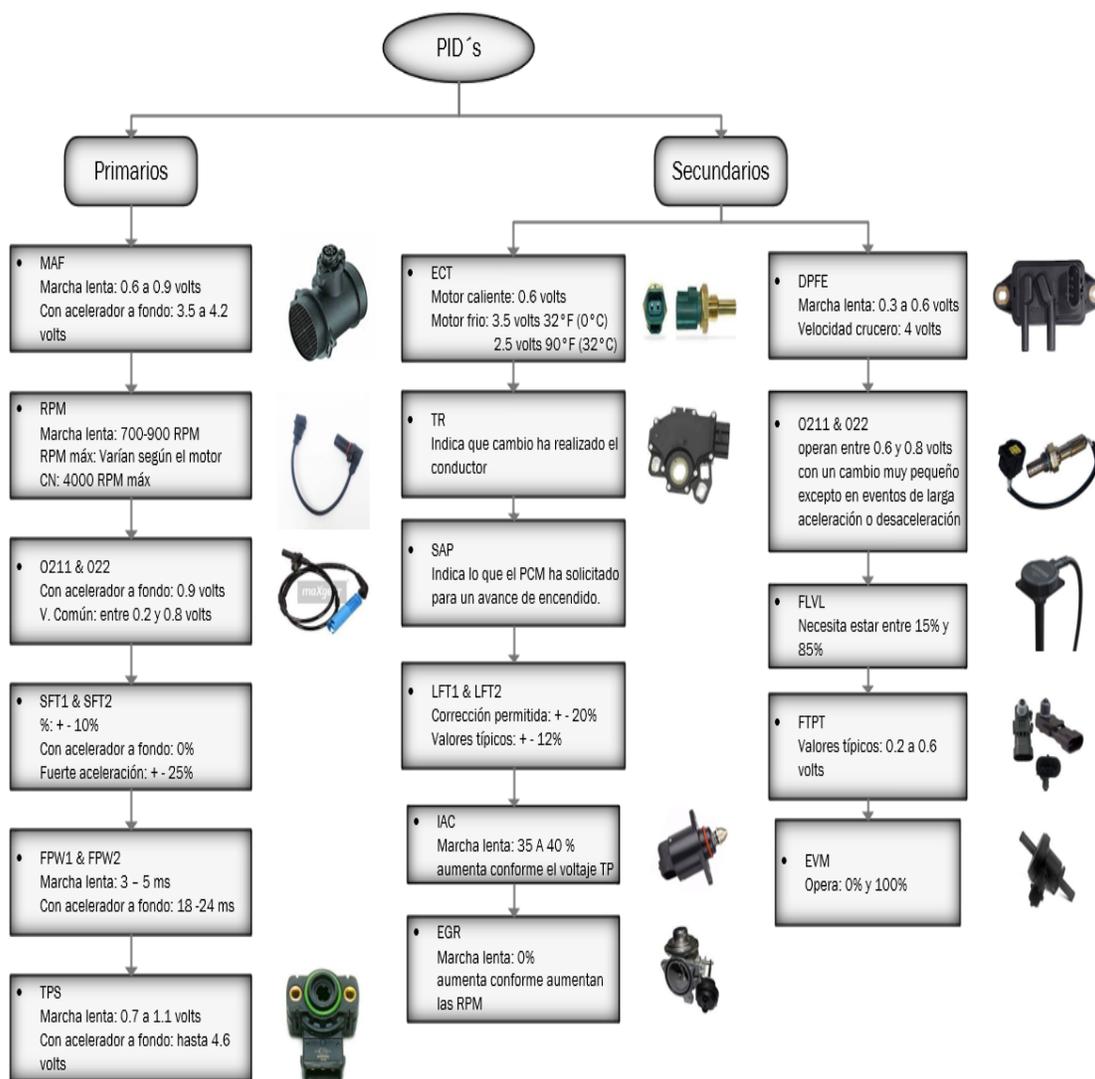
Nota. En la figura se observa la clasificación con sus respectivos conceptos de los códigos DTC.

Parámetros de información del programa PID's

Los parámetros de información del programa son aquellos que entregan información de las condiciones y operaciones que se presentan en el vehículo, la mayoría de estos se presentan en tiempo de real. Esto parámetros pueden ser primarios o secundarios.

Figura 71

PID's



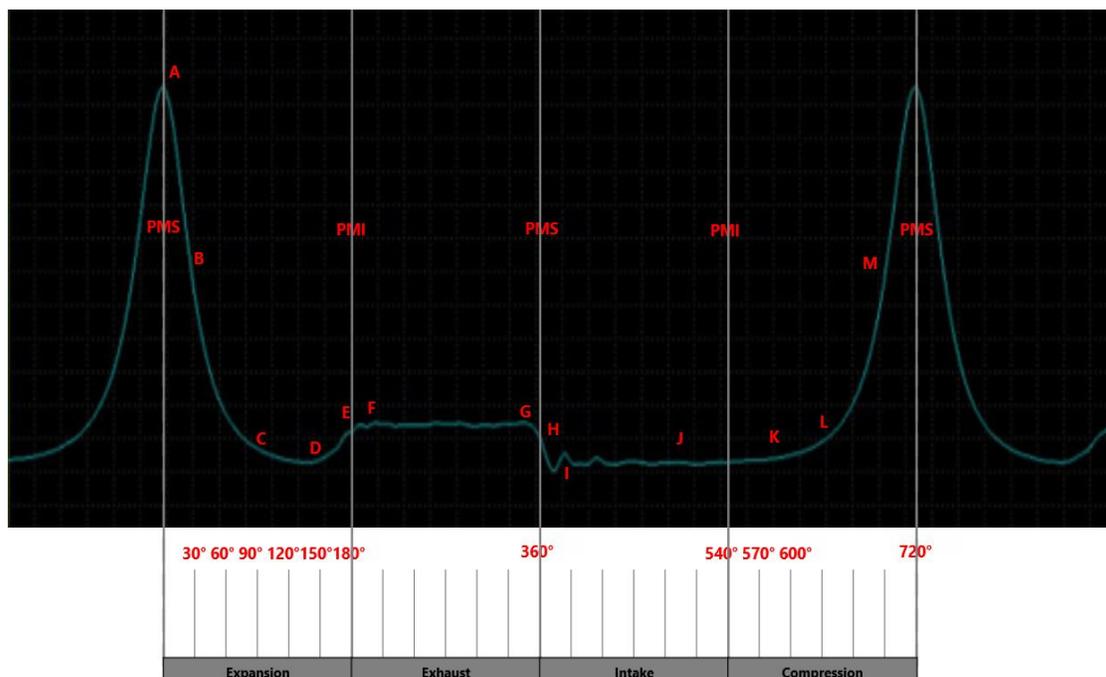
Nota. En la figura se observa un mapa conceptual que contiene información de los PID's primarios y secundarios.

Oscilograma de presión del cilindro

Acorde a Pillajo (2023), el oscilograma de presión en el cilindro es una de las fuentes más ricas de información de diagnóstico. Este oscilograma muestra ciertos parámetros de la parte mecánica del motor. Refleja el proceso de movimiento de gases en el cilindro que puede considerarse indirectamente sobre la operación del mecanismo de distribución de gas, la paseabilidad del camino de graduación, entre otras.

Figura 72

Oscilograma de presión de cilindro



Nota. En la figura se observa el oscilograma de presión del cilindro 1 obtenido por los integrantes del proyecto mediante osciloscopio.

Acorde a Diagnostools (2020), las partes del oscilograma son las siguientes:

- El punto **A** es la presión máxima que existe en la fase de compresión del cilindro.

- El punto **B** es a 30° y el pistón está liberando presión y es el punto medio de la pendiente.
- El punto **C** debe estar a los 90° es donde la presión desaparece.
- Al desplazarse el pistón a la parte inferior en la fase de explosión en el cilindro se forma el vacío, en esta condición se puede verificar el estado de las válvulas de escape.

Figura 73

Comprobación de sellado de válvulas



Nota. En la figura se observa la gráfica para comprobar que exista un sellado de válvulas perfecto.

Tomado de (Diagnostools, 2020).

- El punto **D** se encuentra a los 150° y es donde la válvula de escape se abre por lo tanto se genera un vacío.
- El punto **E** siempre debe estar a los 180° (PMI) con un rango de tolerancia +, - de 10° y por regla general debe coincidir la mitad de la rampa de escape.

Figura 74

Rampa de escape

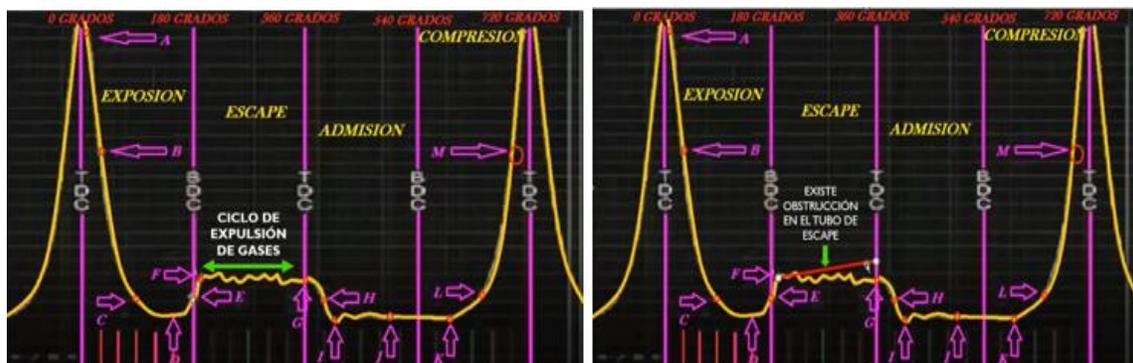


Nota. En la figura se observa la rampa de escape y las anomalías que se presenta cuando el punto E se encuentra fuera de rango. Tomado de (Diagnostools, 2020).

- El punto F muestra el nivel de presión que existe en el escape es decir la presión atmosférica.

Figura 75

Ciclo de expulsión de gases

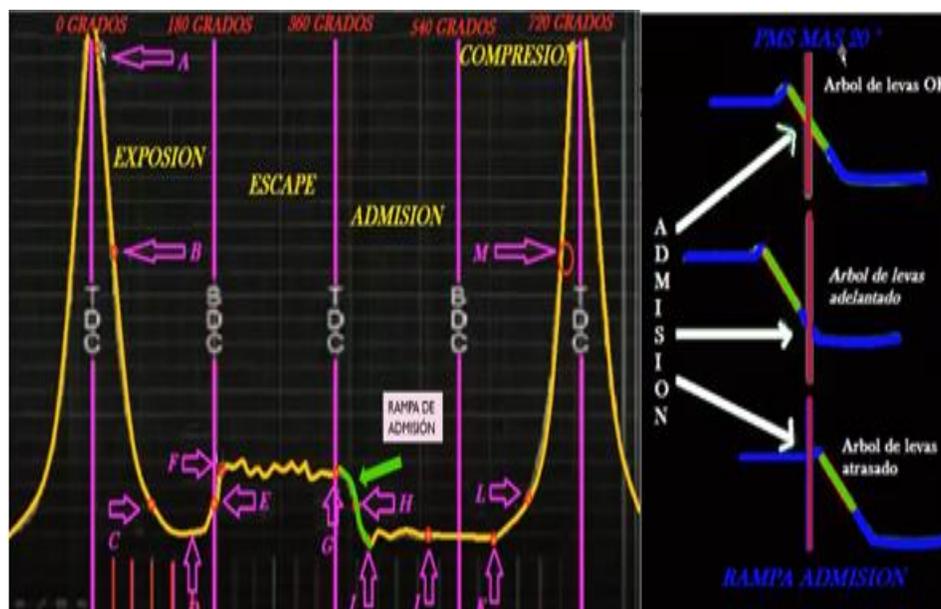


Nota. En la figura se observa el ciclo de expulsión de gases y el desfase (línea roja) que se puede ocasionar en la gráfica si el vehículo presenta una obstrucción en el tubo de escape. Tomado de (Diagnostools, 2020).

- El punto **G** debe estar de **3%** a **10%** antes de los 360 grados (PMS), y es donde se abre la válvula de admisión. Después de abrir la válvula, se da forma a la rampa de escape en la siguiente grafica se puede observar.
- El punto **H** se encuentra en la mitad de la rampa de admisión debe cumplir las siguientes características: Debe ubicarse 20 grados después de los 360 grados (PMS). Si es distribución variable **VVT-i**, puede ubicarse hasta 30 grados después de los 360 grados (PMS). La válvula de escape se cierra 30 grados / 40 grados después de los 360 grados (PMS), es decir a los 390 grados/400 grados.

Figura 76

Rampa de admisión

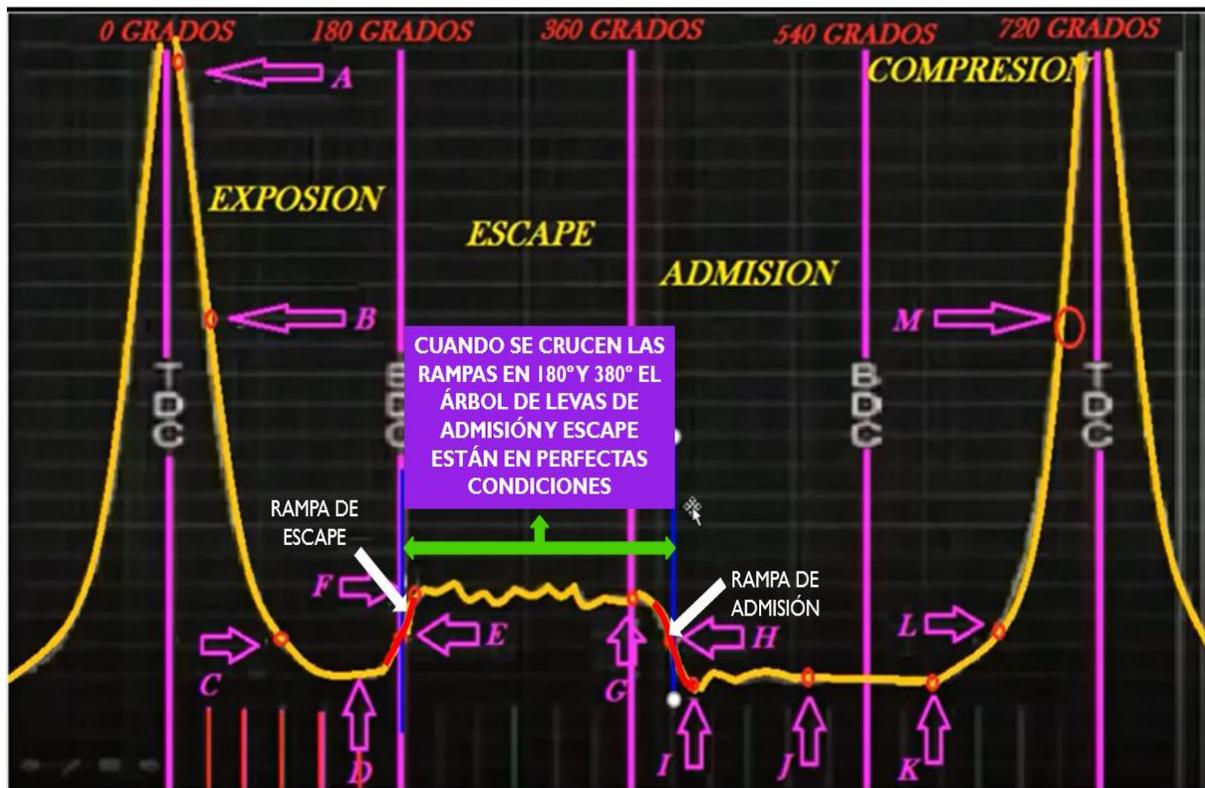


Nota. En la figura se observa la rampa de admisión y las anomalías que esta tiene si presenta un desfase.

(Diagnostools, 2020).

Figura 77

Rampa de admisión

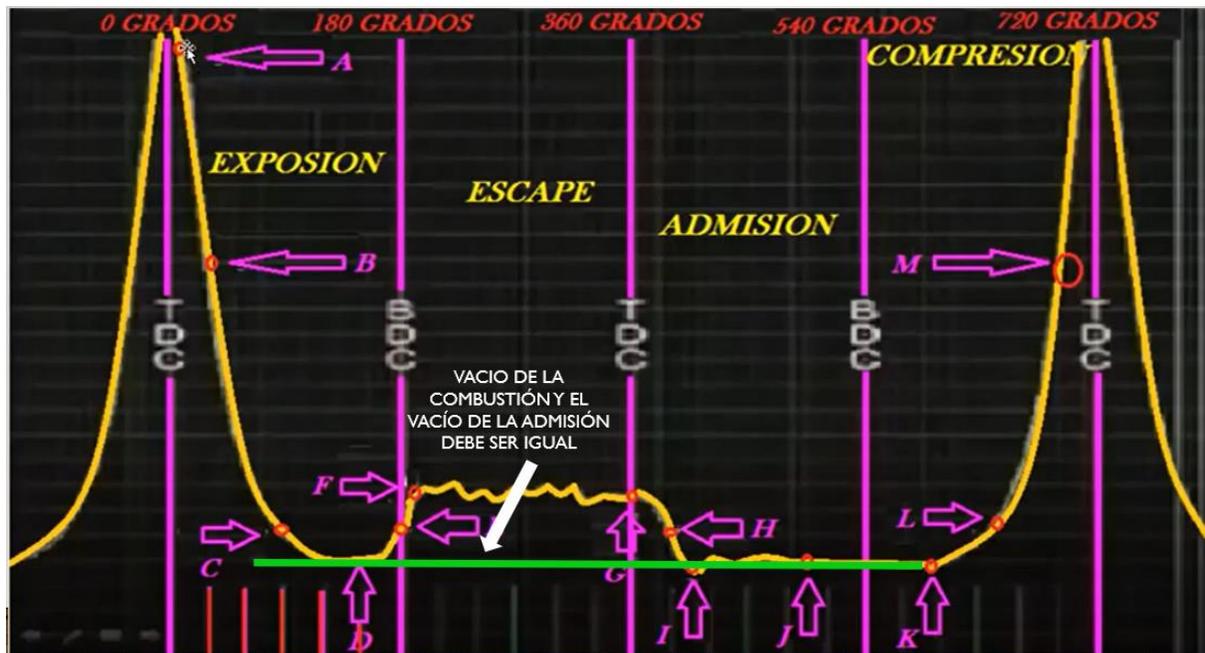


Nota. En la figura se observa la condición para que el sistema de sincronización de válvulas se encuentre a punto. Tomado de (Diagnostools, 2020).

- El punto I es donde el vacío producido por la absorción de aire es máximo. Como regla general el vacío producido en el escape y en la admisión deben estar a la misma medida caso contrario se tiene problemas como: Obturación en el colector de admisión, problemas de fugas de vacío en la admisión y problemas mecánicos en el conjunto pistón.

Figura 78

Comparación del vacío generado en el escape y la admisión



Nota. En la figura se observa que al trazar una línea entre los puntos D & I, estos deben coincidir y de esta forma se comprueba que el vacío de combustión y de admisión son los mismos.

- El punto J es donde el vacío es sostenido es decir el aire aún sigue siendo aspirado por el pistón.
- El punto K está ubicado a los 40 grados 50 grados después de los 540 grados (PMI) es decir a los 580 grados o 590 grados, en este punto la válvula de admisión se cierra.
- El punto L, es donde inicia la compresión del pistón en el cilindro.
- El punto M está ubicado en los últimos 30 grados antes de los 720 grados (PMS), en este punto se puede verificar algunas condiciones mecánicas del motor, es decir: Problemas de sellado de válvulas. Problemas de fugas de presión por rines.

Capítulo III

Protocolo de pruebas

Introducción

Durante este capítulo inicialmente, se llevará a cabo mediciones con el objetivo de obtener los resultados de los diversos sistemas del motor de combustión interna. Posteriormente, antes de realizar las distintas pruebas, se llevará a cabo una investigación exhaustiva sobre las especificaciones del motor. Se utilizará diversos programas de búsqueda para obtener datos precisos sobre el motor que está siendo estudiado. Esto permitirá realizar la calibración del motor de manera adecuada y asegurará así una obtención de datos más precisa y veraz.

Las mediciones se realizarán con la ayuda de equipos y métodos comunes en el campo del diagnóstico automotriz para recopilar datos como voltajes, resistencia, intensidad y consumo de corriente de los sensores y actuadores correspondientes, dependiendo de la situación evaluada.

Se reemplazará la ECU actual con la ECU reprogramable RACETEC R750. Esta ECU ofrece una interfaz que permitirá la programación y calibración a través de mapas bidimensionales para el control de la inyección de combustible y el avance de encendido. Durante este procedimiento, se considerará los diferentes sensores y actuadores con el fin de asegurar un funcionamiento adecuado del motor.

Levantamiento de requerimientos

En cuanto a los equipos, softwares y herramientas que se utilizaron para las pruebas de los componentes que conforman el subsistema de control electrónico, del mismo modo para la reprogramación de la Unidad de Control Electrónico se da a conocer los siguientes:

FADOS9F1

El FADOS9F1 es un dispositivo que facilita realizar el diagnóstico automotriz ya que está diseñado para analizar las pruebas de voltaje-corriente a través de un software del mismo nombre, para

ejecutar el diagnóstico de los componentes eléctricos que conforman internamente los sensores y actuadores, se utiliza sondas de osciloscopio que integra el equipo, al realizar las pruebas se puede verificar el estado de los componentes eléctricos a través de un test de imágenes que se presenta mediante un osciloscopio multifunción.

Figura 79

FADOS9F1



Nota. En la figura se puede apreciar el equipo FADOS9F1 utilizado para realizar el test de imágenes de los componentes electrónicos del subsistema de control electrónico.

Tabla 2

Características de FADOS9F1

| FADOS9F1 | |
|---------------------------|------------------------------|
| Prueba de Voltaje | 1 a 24V |
| Prueba de Resistor | 47 K Ω a 250 Ω |

| FADOS9F1 | |
|-------------------------------|--|
| Frecuencia de prueba | Muy baja frecuencia 2 Hz Frecuencia baja 2: 4Hz Frecuencia baja 1: 12 Hz Frecuencia de prueba: 32.5 Hz Frecuencia Alta: 355.4 Hz |
| Número de canales | 2 (Canal 1 y Canal 2) |
| Modo de escaneo | Manual y Automático |
| Fuente de Alimentación | Potencia de salida ajustable entre 0-16V 20-1500mA |
| Frecuencia de muestro | 400 K/S |
| Voltaje de entrada | Sonda 1X: ± 12 V; Sonda 10X: ± 100 V |
| Canal/ADC | 2 Canal/12 Bit |
| Sensibilidad | 2.5 mV |
| Velocidad de imagen | 0.02 mS/div...100 mS/div |
| Memoria instantánea | 64 Kbyte |

Nota. Características y funciones de FADOS9F1.

Osciloscopio Automotriz Hantek 1008C 8CH

El osciloscopio Hantek 1008C es un equipo de diagnóstico automotriz que cuenta con 8 canales, el cual permite realizar los análisis de problemas eléctricos y electrónicos en los vehículos con sistema de inyección electrónica, se emplea en los sistemas de encendido, sensores y actuadores en el cual se observa gráficamente las formas de onda en tiempo real, finalmente nos permite realizar mediciones precisas.

Figura 80

Osciloscopio Automotriz HANTEK 1008C 8CH



Nota. En la figura se puede apreciar el Osciloscopio Automotriz HANTEK 1008C de 8 canales utilizado para realizar el diagnóstico automotriz de los componentes electrónicos del subsistema de control electrónico.

Tabla 3

Características del Osciloscopio Automotriz Hantek 1008C 8CH

| HANTEK 1008C | |
|-----------------------------|------------------|
| Ancho de banda | 25 MHz |
| Tipo | Osciloscopio USB |
| Canales | 8 |
| Velocidad de muestro | 1.4 Gsa/s |
| Resolución vertical | 12 bits/canal |

HANTEK 1008C

| | |
|-------------------------|------------------------------------|
| Rango de voltaje | 10 mV a 5 V/Div x 1 sonda |
| | 100 mV a 50 V/Div x 10 sondas |
| | 10 V a 5000 V/Div x 1000 sondas |
| | 100 V a 50000 V/Div x 10000 sondas |
| | 200 mV a 100 V/Div x 20 sondas |
| Acoplamiento DC | DC |
| Impedancia | 1 M ohm |

Nota. Características y funciones del Osciloscopio Automotriz Hantek 1008C 8CH.

Multímetro Digital ALLOSUN EM135

El multímetro Allosun EM135 es un equipo digital moderna utilizado para medir valores de voltaje, resistencia, continuidad y entre otras magnitudes eléctricas. Al realizar las mediciones en los multímetros automotrices es importante verificar el tipo y la escala de medición, de igual manera se debe identificar los polos positivos y negativos.

Figura 81

Multímetro Digital ALLOSUN EM135



Nota. En la figura se puede apreciar el Multímetro Digital ALLOSUN EM135 con los distintos conectores y sondas para realizar las mediciones de manera segura y precisa.

Tabla 4*Características del Multímetro Digital ALLOSUN EM135*

| ALLOSUN EM135 | |
|---|---|
| Pantalla principal | LCD de 5 dígitos, con una máx. lectura de 99999 |
| Pantalla secundaria | LCD de 4 dígitos, con una máx. lectura de 9999 |
| Tasa de muestreo | Alrededor de 2 a 4 veces/seg |
| Indicación de sobre rango | OL se muestra en la pantalla LCD |
| Indicación de polaridad negativa | Signo negativo: se muestra automáticamente en la pantalla LCD |
| Batería | 1.5 V, AA o equivalente, 6 piezas |
| Dimensiones | 200x98x54 mm |
| Peso | Alrededor de 610 g |

Nota. Características y funciones del Multímetro Digital ALLOSUN EM135.

Pinza Amperimétrica

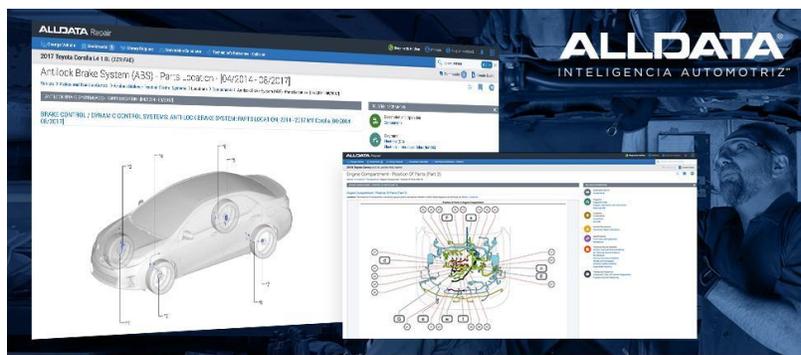
La pinza amperimétrica es un instrumento de medición eléctrica, el cual permite medir la intensidad o la corriente eléctrica que se presenta en un conductor eléctrico, este instrumento tiene la ventaja de realizar la medición sin tener que desconectar físicamente el cableado, a diferencia del multímetro ordinario.

Figura 82*Pinza Amperimétrica*

Nota. En la figura se puede apreciar la Pinza Amperimétrica, la cual se utilizó para realizar medición de intensidad de los componentes eléctricos del motor

ALLDATA

El software ALLDATA es utilizado en la industria automotriz, ofrece solución, datos precisos y actualizados al momento de la reparación de problemas en el automóvil, cuenta con infinidad de marcas y modelos de vehículos, de modo que facilita a los técnicos automotrices en el procedimiento de un diagnóstico.

Figura 83*ALLDATA*

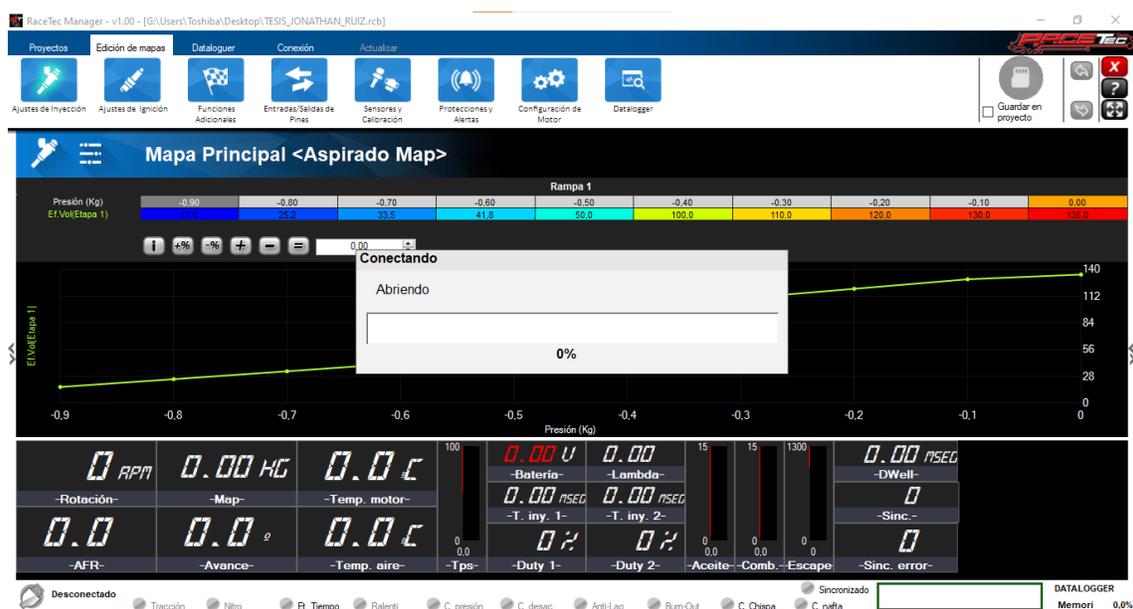
Nota. En la figura se puede apreciar el software ALLDATA y sus diferentes funciones que integra.

RaceTec Manager

El software RaceTec Manager permite realizar programación y reprogramación de la Unidad de control Electrónica reprogramable, a través de esta aplicación se puede modificar una infinidad de parámetros para el correcto funcionamiento del motor de combustión interna, estos parámetros se reflejan en mapas bidimensionales. Está relacionado con los deportes de motor y eventos de competición.

Figura 84

RaceTec Manager



Nota. En la figura se observa el software RaceTec Manager y sus diferentes funciones que integra.

Especificaciones del motor de combustión interna

Tabla 5

Información del motor Hyundai S-Coupe 1995

| Información del motor | |
|--|---|
| Potencia máxima | 90 CV @ 5600rpm |
| Potencia por litro | 60.2 CV/l |
| Par máximo | 130 Nm @ 3050rpm 95.88 lb – ft @ 3050rpm |
| Posición del motor | Frontal, transversal |
| Cilindrada -real- | 1495 cm ³ |
| Número de cilindros | 4 |
| Distribución de los cilindros | En línea |
| Diámetro del cilindro | 75.5 mm 2.97 in |
| Ratio de compresión | 10 |
| Número de válvulas por cilindro | 3 |
| Sistema de combustible | Inyección indirecta multipunto |
| Aspiración del motor | Motor atmosférico |

Nota. En la tabla 5 se puede observar los datos generales que posee el motor Hyundai S-Coupe.

Tabla 6*Rendimiento del motor Hyundai S-Coupe 1995*

| Rendimiento | |
|---|------------------------------|
| Consumo de combustible combinado | 7.7l/100km |
| Combustible | Gasolina |
| Aceleración de 0 – 100 km/h | 11.4 s |
| Velocidad máxima | 178 km/h |
| Relación peso/potencia | 10.8 kg/CV, 92.3 CV/tonelada |
| Relación peso par | 7.5 kg/Nm, 133.3 Nm/tonelada |

Nota. En la tabla 6 se puede observar los parámetros de rendimiento del motor Hyundai S-Coupe.

Instalación del sistema

Para la instalación del sistema eléctrico en el motor Hyundai S-Coupe 1.5L se sustrae el arnés original y se coloca el arnés proporcionado por la unidad de control programable.

Tabla 7*Proceso de instalación de la unidad de control programable*

| Descripción | Imagen |
|--|--|
| Extraer todo el circuito eléctrico (arnés) antiguo como: cajas porta fusibles, cables de alimentación de bobinas e inyectores, cable de sensores, etc. |  |

Descripción**Imagen**

Desmontar el distribuidor y el sistema de ignición por completo ya que será reemplazado por otro sistema compatible con la unidad de control electrónico.



Sustituir el sensor CKP, dado que presentaba problemas, al igual que el sensor MAT dado que no solo se ocuparía el sensor IAT para verificar la temperatura.



Instalación del circuito eléctrico nuevo (arnés que proporciona ECU RaceTec), es importante determinar la ubicación por donde el cable debe ir, ya que si se encuentra en lugares de alta temperatura se quema el cable y puede causar cortocircuitos.



Descripción**Imagen**

Se construyó una nueva fusilera para la distribución del voltaje de alimentación por medio de relés y fusibles para todo el sistema

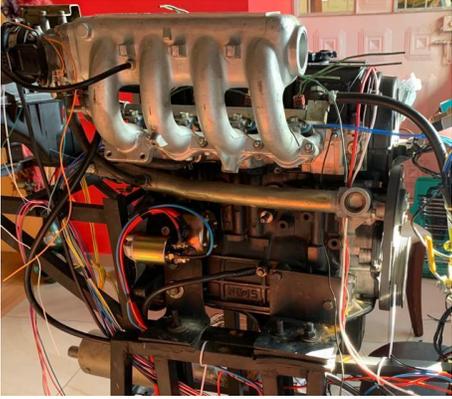


Instalación de una bobina DIS de chispa perdida dado que el programa lo requiere, de igual manera los cables de alta tensión.



Instalación del sensor IAT, TPS, etc. Para la instalación se debe señalar los cables de acuerdo con lo menciona en el diagrama del manual para la parte eléctrica.



| Descripción | Imagen |
|---|---|
| Instalación de una manguera para el vacío que necesita la ECU, ya que cuenta con un sensor MAP interno. |  |
| Instalación del medidor de aire/combustible Wideband, y la unidad de control RaceTec R750. |  |

Nota. En la tabla se puede observar todo el proceso de instalación realizada en el motor Hyundai, para su funcionamiento con la ECU reprogramable RaceTec R750.

Puesta a punto de los sistemas principales del m.c.i.

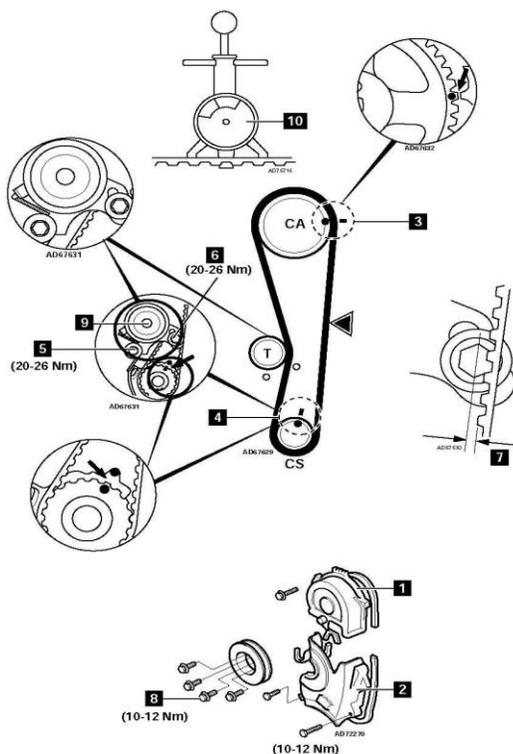
La puesta a punto de un motor de combustión interna tiene como propósito esencial la sincronización de los tiempos de subida y bajada de los pistones con los tiempos de apertura y cierre de las válvulas, el objetivo principal es obtener el rendimiento óptimo y la eficiencia del motor. Un aspecto clave para la puesta a punto es verificar los siguientes sistemas principales:

Sistema de distribución

La distribución de un motor juega un papel crucial, ya que determina el adecuado funcionamiento del motor en términos de su rendimiento. En el motor Hyundai S Coupe 1.5 la precisa apertura y cierre de las válvulas, así como la duración de su apertura se da por el sistema que utiliza, el cual es el sistema OHC (OverHead Cam), esta característica conlleva la capacidad de estos motores para alcanzar un mayor número de revoluciones. Lo que incide en este caso es que sufre un mayor desgaste y necesitan un mantenimiento más frecuente. Hyundai recomienda el reemplazo cada 40,000 millas y verificar la alineación de las marcas de reglaje que se muestran en la figura 85 al realizar el desmontaje y montaje de la correa de distribución.

Figura 85

Alineación de marcas de reglaje para la sustitución de la correa de distribución



Nota. En la figura se puede apreciar la alineación de las marcas de reglaje y apriete para la sustitución de la correa de distribución, tanto en la polea del árbol de levas como en el del cigüeñal.

Sistema de alimentación

El sistema de alimentación tiene como objetivo principal la de proveer la mezcla adecuada de aire y combustible al motor de combustión interna, lo cual es esencial para generar la energía y potencia necesarias para impulsar el vehículo. Es esencial mantener en buen estado el sistema de alimentación y realizar un mantenimiento adecuada y la reducción de emisiones contaminantes. Por consiguiente, Hyundai recomienda verificar los siguientes componentes y los valores adecuados que debe tener cada uno de ellos para su correcto funcionamiento:

Tabla 8

Sistema de alimentación

| SISTEMA DE ALIMENTACIÓN | |
|--|-----------------|
| Presión del sistema | 3,0 bar |
| Presión regulada con vacío aplicado | 2,5 bar |
| Inyector | 15,55-16,25 Ohm |
| Válvula de control de aire de ralentí | 13-14 Ohm |

Nota. Datos técnicos del sistema de alimentación.

Sistema de lubricación

Otro de los sistemas principales para la correcta puesta a punto es el sistema de lubricación, pues es el encargado de reducir la fricción entre las piezas móviles del motor para el correcto funcionamiento y evitar el desgaste prematuro. Por esta razón es esencial realizar un mantenimiento adecuado del sistema, lo cual implica realizar cambios regulares de aceite y filtro. Por consiguiente, Hyundai recomienda las siguientes especificaciones de los aceites según el clima a operar el vehículo:

Tabla 9*Sistema de lubricación*

| SISTEMA DE LUBRICACIÓN | |
|--|---|
| Clima frío | Grado del aceite de motor: SAE 5W/40 |
| | Clasificación del aceite de motor: API/ACEA SJ/A2 |
| Clima moderado | Grado del aceite de motor: SAE 10W/40 |
| | Clasificación del aceite de motor: API/ACEA SJ/A2 |
| Alternativa para clima moderado | Grado del aceite de motor: SAE 10W/30 |
| | Clasificación del aceite de motor: API/ACEA SJ/A2 |
| Clima cálido | Grado del aceite de motor: SAE 20W/50 |
| | Clasificación del aceite de motor: API/ACEA SJ/A2 |

Nota. Datos técnicos del sistema de lubricación.

Sistema de encendido

El sistema de encendido tiene misión producir la chispa requerida para iniciar la combustión de la mezcla aire- combustible en los cilindros del motor de combustión interna. Por esta razón es de vital importancia contar con un sistema de encendido en óptimas condiciones para lograr un rendimiento óptimo. Es fundamental realizar un mantenimiento adecuado, asegurarse de que el sistema esté en buen estado y funcione correctamente. Siendo así, Hyundai recomienda las siguientes especificaciones de bujías con la cual debe operar el vehículo:

Tabla 10*Sistema de encendido*

| SISTEMA DE ENCENDIDO | |
|-----------------------------|--|
| NGK | Tipo: BKR5E-11 Separación entre electrodos: 1,1 mm |
| Autolite | Tipo: 64 Separación entre electrodos: 0,8 mm |
| Beru | Tipo: 14FR-8DUX Separación entre electrodos: 1,1 mm |
| Bosch | Tipo: FR8DCX Separación entre electrodos: 1,1 mm |
| Champion | Tipo: RN10YC4 Separación entre electrodos: 1,1 mm |
| Par de apriete | 20-30 Nm |

Nota. Datos técnicos del sistema de encendido.

Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración es el conjunto de elementos que tienen como objetivo eliminar el exceso de calor formado durante la combustión y el funcionamiento del motor. Impidiendo así que este alcance temperaturas críticas que podrían ocasionar daños. Un apropiado mantenimiento y la observación periódica del sistema son esenciales para garantizar un trabajo óptimo del motor. Por esta razón, Hyundai recomienda las siguientes especificaciones con las cuales debe operar el vehículo:

Tabla 11*Sistema de refrigeración*

| SISTEMA DE REFRIGERACIÓN | |
|---------------------------------|-------------------|
| Sensor de temperatura | 290-350/80 Ohm/°C |
| Tapón del radiador | 0,78-1,08 bar |
| Apertura del termostato | 88 °C |
| Sistema de refrigeración | 5,3 litros |

Nota. Datos técnicos del sistema de refrigeración.

Sistema de arranque

Finalmente, para la puesta al punto del motor de combustión interna es el sistema de arranque, el cual está compuesto por distintos componentes los cuales se encargan de poner en funcionamiento el motor. Su objetivo principal es girar el volante del motor a una velocidad suficiente para que produzca la combustión inicial y comience funcionar por sí mismo. Por tanto, Hyundai recomienda las siguientes especificaciones con las cuales debe operar el vehículo:

Tabla 12*Sistema de arranque*

| SISTEMA DE ARRANQUE | |
|------------------------------------|--|
| Batería | 12/92 (48) V/capacidad de reserve (Ah) |
| Motor de arranque | 0,9 KW |
| Tensión mínima de arranque | 11,5 V |
| Amperaje máximo de arranque | 130-158 A |

Nota. Datos técnicos del sistema de arranque.

Obtención de pin code

La ECU reprogramable RACETEC R750 está conformado por dos conectores un principal y un secundario que son los encargados de permitir el funcionamiento correcto de los sensores y actuadores del motor permitiendo de esta forma su correcto funcionamiento.

Conector Principal

Este conector pertenece al ramal eléctrico principal de la ECU reprogramable y consta de catorce pines.

Figura 86

Conector del ramal eléctrico principal



Nota. En la figura se muestra la distribución de pines del ramal eléctrico principal.

Tabla 13

Conector del ramal eléctrico principal

| Color | Pin | Función | Observaciones |
|-------------|-----|---------------------|---|
| Rosa y Rojo | 1 | Entrada analógica 5 | Puede utilizarse para lectura de presión de aceite/combustible, temperatura de escape cualquier función que requiera entrada. |

| Color | Pin | Función | Observaciones |
|-----------------------|------------|-------------------------------------|---|
| Verde y Blanco | 2 | Entrada señal TPS | El otro pin se conecta al negativo de la batería. |
| Azul | 3 | Entrada señal temperatura del motor | El otro pin se conecta al negativo de la batería. |
| Blanco | 4 | Entrada señal temperatura aire | El otro pin se conecta al negativo de la batería. |
| Blanco Mallado | 5 | Señal RPM negativa | Si se conectara sensor hall dejar sin conexión. |
| Rojo Mallado | 6 | Señal RPM positiva | Permite sensor hall como inductivos. |
| Negro | 7 | Negativo batería | Respete siempre la conexión directa a batería. |
| Naranja | 8 | Salida positiva 5V (TPS) | Señal de 5V para alimentación del TPS y sensores que requieren 5V. |
| Rosa Celeste | 9 | Entrada analógica 4 | Puede utilizarse para lectura de presión de aceite/combustible, temperatura de escape cualquier función que requiera entrada. |
| Rosa y Verde | 10 | Entrada analógica 3 | Puede utilizarse para lectura de presión de aceite/combustible, temperatura de escape cualquier función que requiera entrada. |

| Color | Pin | Función | Observaciones |
|---------------------|-----|---------------------------|------------------------------------|
| Verde y Amarillo | 11 | Señala sonda lambda | Conexión a Wide Band o Narrow Band |
| -- | 12 | ----- | ----- |
| -- | 13 | ----- | ----- |
| Rojo | 14 | Positivo 12V alimentación | Positivo llave contacto/relay. |

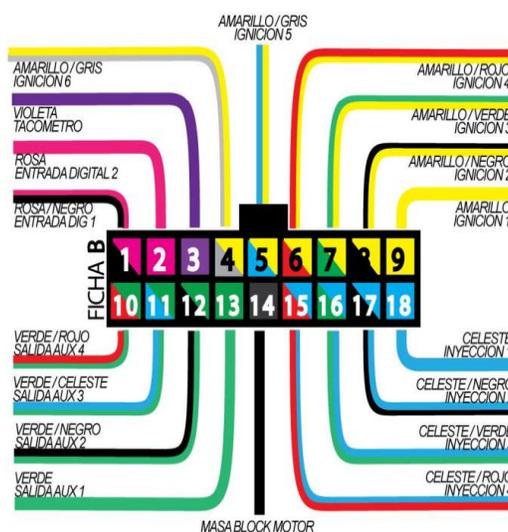
Nota. En la tabla se muestra los datos de los pines, colores de cable y conexiones del conector del ramal eléctrico principal.

Conector secundario

Este conector pertenece al ramal eléctrico secundario de la ECU reprogramable y consta de dieciocho pines.

Figura 87

Conector del ramal eléctrico secundario



Nota. En la figura se muestra el diagrama de la distribución de pines del conector secundario.

Tabla 14

Datos del conector secundario de la RACETEC R750

| Color | Pin | Función | Observaciones |
|---------------------------|------------|-------------------|--|
| Rosa y negro | 1 | Entrada digital 2 | Puede ser vinculada a cualquier función que requiera entrada digital |
| Rosa | 2 | Entrada digital 1 | Puede ser vinculada a cualquier función que requiera entrada digital |
| Violeta | 3 | Tacómetro | Salida para Cuenta vueltas |
| Amarillo y Gris | 4 | Salida ignición 6 | Para bobina c/modulo, Power Spark o MSD |
| Amarillo y Celeste | 5 | Salida ignición 5 | Para bobina c/modulo, Power Spark o MSD |
| Amarillo y Rojo | 6 | Salida ignición 4 | Para bobina c/modulo, Power Spark o MSD |
| Amarillo y Verde | 7 | Salida ignición 3 | Para bobina c/modulo, Power Spark o MSD |
| Amarillo y Negro | 8 | Salida ignición 2 | Para bobina c/modulo, Power Spark o MSD |
| Amarillo | 9 | Salida ignición 1 | Para bobina c/modulo, Power Spark o MSD |
| Verde y Rojo | 10 | Salida auxiliar 4 | Puede Vincularse a funciones que lo requieran |

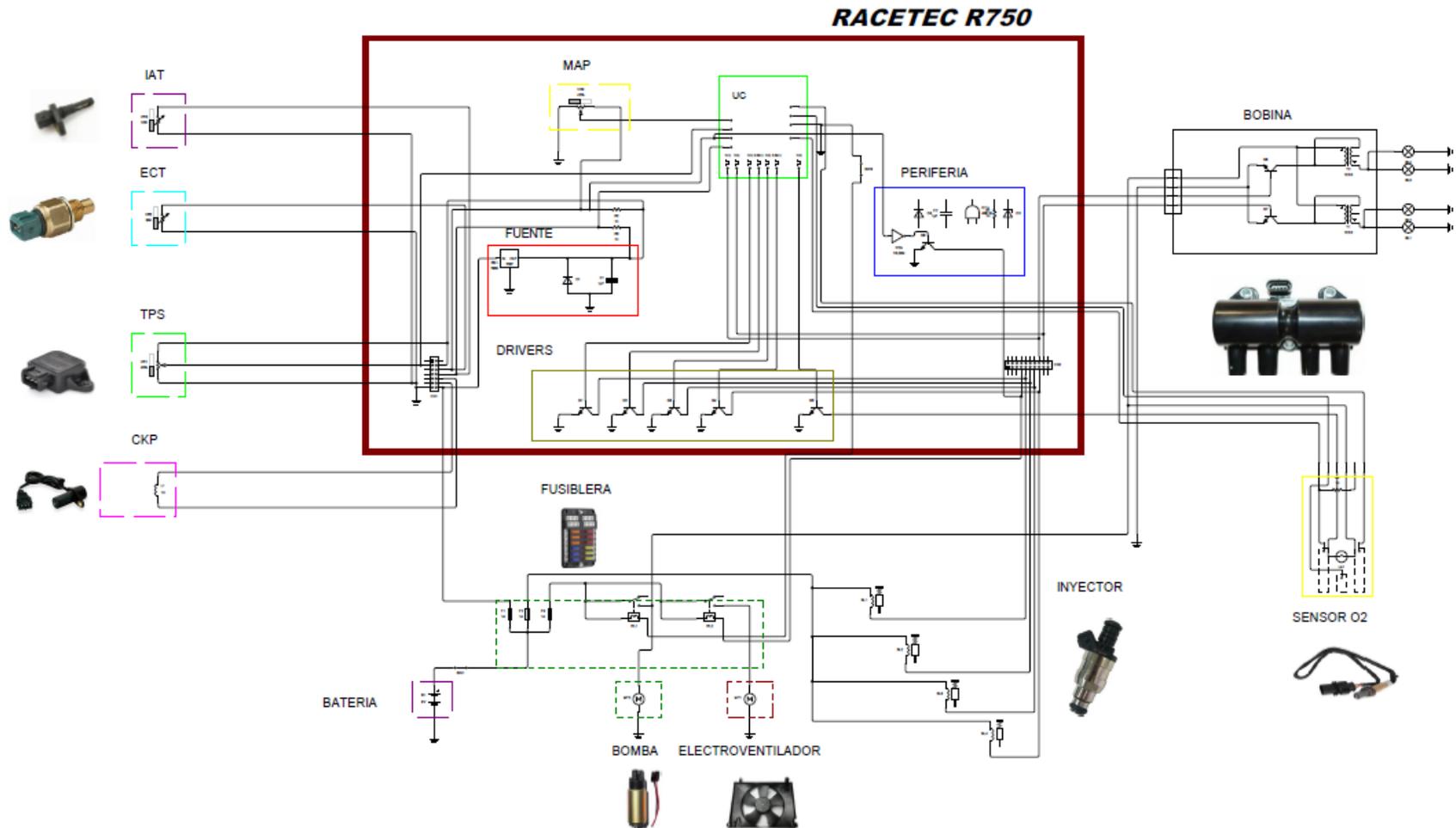
| Color | Pin | Función | Observaciones |
|------------------------|------------|--------------------|---|
| Verde y Celeste | 11 | Salida auxiliar 3 | Puede Vincularse a funciones que lo requieran |
| Verde y Negro | 12 | Salida auxiliar 2 | Puede Vincularse a funciones que lo requieran |
| Verde | 13 | Salida auxiliar 1 | Puede Vincularse a funciones que lo requieran |
| Negro | 14 | Masa de potencia | Conectar al block o Tapa de cilindros |
| Celeste y Rojo | 15 | Salida inyección 4 | Soporta hasta 2 inyectores por salida |
| Celeste y Verde | 16 | Salida inyección 3 | Soporta hasta 2 inyectores por salida |
| Celeste y Negro | 17 | Salida inyección 2 | Soporta hasta 2 inyectores por salida |
| Celeste | 18 | Salida inyección 1 | Soporta hasta 2 inyectores por salida |

Nota. En la tabla se muestra los datos de los pines, colores de cable y conexiones del conector del ramal eléctrico secundario

Trazado de instalación de eléctrica

Figura 88

Diagrama de la ECU RACETEC R750



Nota. En la figura se muestra el diagrama de la ECU reprogramable RACETEC R750. La cual tiene entrada de los siguientes sensores: IAT, ECT, TPS, sensor O2 y CKP. También presenta las salidas a los siguientes actuadores: inyectores y bobina.

Diagnóstico mecánico

Compresión relativa

La compresión relativa es una de las pruebas más utilizadas en el diagnóstico automotriz para determinar el buen funcionamiento del motor, debido a su rápida y sencilla comprobación. Cabe mencionar que esta prueba no mide los valores de compresión de cada cilindro, sino que compara la compresión de cada cilindro y trasmite esta comparación a una gráfica proyectada en la pantalla del osciloscopio. El análisis de la comparación se lo realiza en base al motor de arranque, ya que a mayor compresión en la cámara mayor fuerza se debe ejercer sobre el pistón para comprimir el aire y por lo tanto mayor será la corriente que toma el motor de arranque para poder realizar este proceso para todos los cilindros.

Equipos utilizados en la prueba

- Osciloscopio Hantek 1008C
- Pinza amperimétrica
- Sonda de encendido Hantek (accesorio propio del osciloscopio)

Procedimiento

- Desconectar el relé o fusible de alimentación de los inyectores o directamente los inyectores. De esta forma evitamos que el motor se encienda.
- Conectar la pinza amperimétrica al borne negativo o positivo de la batería y el cable de la pinza se conecta al canal número uno del osciloscopio
- Conectar la sonda de encendido al cable de la bobina del primer cilindro y el cable de la sonda conectamos al canal dos del osciloscopio.
- Ajustar los parámetros del osciloscopio para obtener una buena visualización de la imagen a obtener.

- Dar marcha al motor.
- Capturar la imagen obtenida al dar marcha al motor.

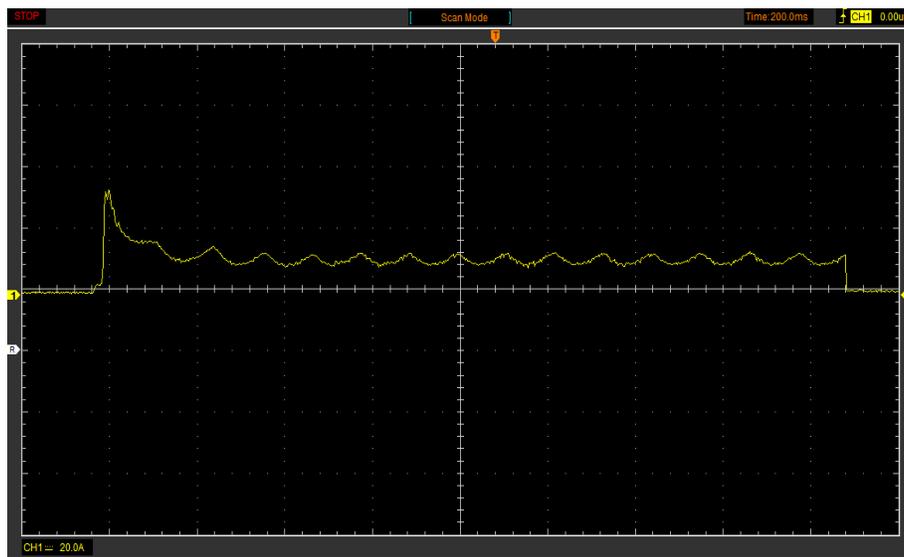
Análisis

Una vez realizado el procedimiento de la prueba de compresión relativa se obtuvo los siguientes oscilogramas:

- Para obtener el primer oscilograma se conectó únicamente la pinza amperimétrica dando como resultado la figura 86 la cual nos indica que la compresión relativa es igual en los cuatro cilindros.

Figura 89

Oscilograma de compresión relativa conectado únicamente la pinza amperimétrica



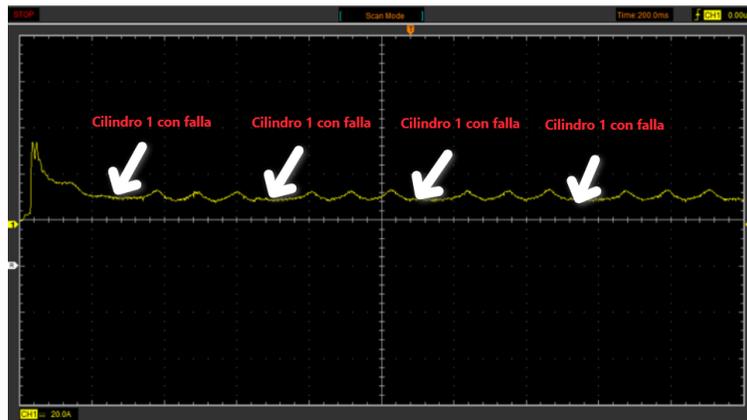
Nota. En la figura se observa el oscilograma obtenido conectando la pinza amperimétrica al borne negativo de la batería.

- En el segundo oscilograma se desconectó el cable de bujía del primer cilindro dando como resultado la figura 90 en donde se puede observar que el oscilograma de la compresión relativa

ya no es simétrico debido a que el cable de bujía no está realizando su función. Por esta razón se puede observar que a lo largo del oscilograma existe un momento en que se presenta una línea continua que representa que el cilindro 1 no está haciendo compresión debido a la desconexión del cable de bujía y a continuación tres picos simétricos.

Figura 90

Oscilograma de compresión relativa desconectado el primer cable de bujía

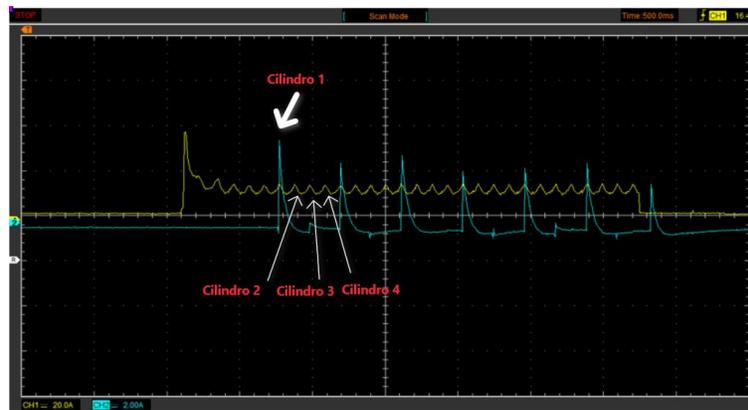


Nota. En la figura se muestra la falla de un cilindro con respecto a la compresión relativa cuando se desconecta el cable de bujía del primer cilindro.

- Finalmente, para el tercer oscilograma se conectó la pinza amperimétrica y la sonda de encendido. Debido a que se conectó la sonda al primer cable de bujía, en la figura 88 se puede observar el aumento de voltaje que se obtiene en el primer cilindro y de esta forma comparar con el oscilograma de compresión relativa. En este caso en donde se cruza la imagen amarilla con la celeste es en donde se está realizando la compresión del cilindro, para determinar el número del siguiente cilindro se sigue la secuencia. En nuestro caso al colocar la sonda en el primer cilindro se observa que el salto de voltaje se está realizando en el primer cilindro, el número del siguiente cilindro será el tres, cuatro y dos, luego de este proceso el ciclo se repite nuevamente.

Figura 91

Oscilograma de compresión relativa conectada pinza amperimétrica y sonda de encendido



Nota. En la figura se observa el cruce de oscilogramas cuando se conecta la pinza amperimétrica y la sonda de encendido. De esta forma el cruce de oscilogramas se lo hace en el cilindro 1 ya que la sonda está en el cable del primer cilindro y se vuelve a repetir el cruce en el siguiente ciclo.

Prueba de presión en el cilindro

Mediante esta prueba se puede comprobar si existe problemas dentro del cilindro tales como:

- Árbol de levas adelantado o retrasado
- Problemas con la apertura y cierre de válvulas
- Problemas de taponamiento de tubo de escape o catalizador
- Obturación en el colector de admisión
- Problemas de fuga de vacío en la admisión
- Problemas mecánicos en el conjunto pistón

Para realizar la prueba y obtener el oscilograma de la presión del cilindro se realiza el siguiente procedimiento:

- Encender el motor hasta que llegue a temperatura ambiente y apagar el mismo.

- Retirar la bujía del primer cilindro.
- Instalar el transductor de presión en el orificio de la bujía extraída del cilindro número uno y la otra parte del transductor conectar al osciloscopio.
- Calibrar el osciloscopio a las medidas necesarias para obtener una buena imagen del oscilograma de presión del cilindro.
- Capturar la imagen del oscilograma para analizar

Análisis

Mediante el oscilograma obtenido en la figura 92 se puede apreciar que el interior del cilindro está en buenas condiciones debido al siguiente análisis:

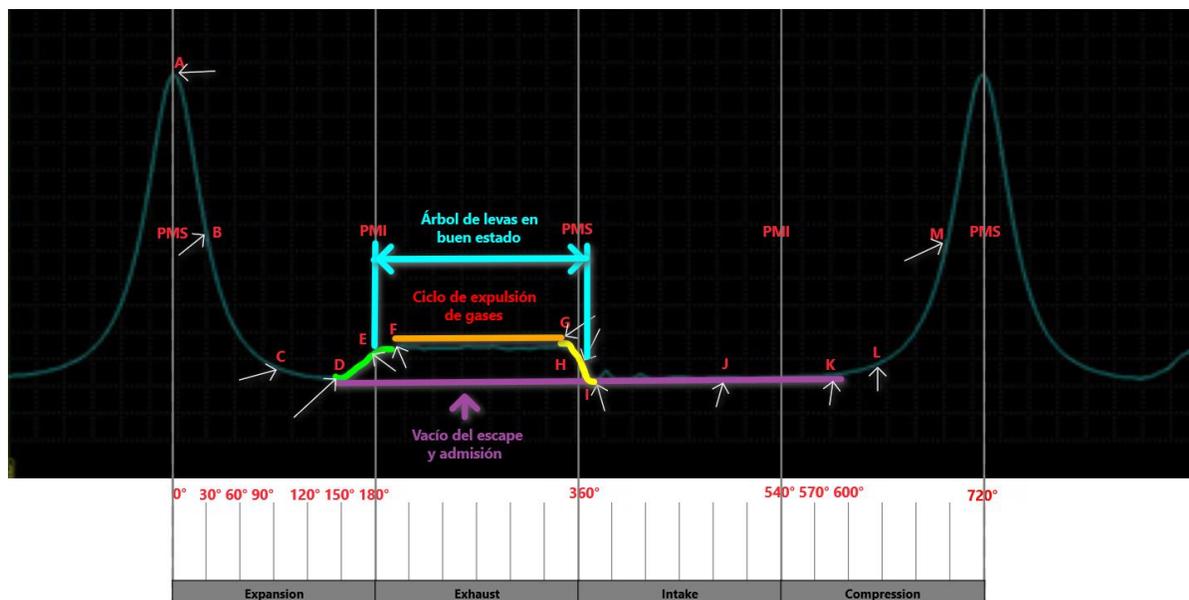
- La rampa de escape (color verde) que parte del punto D al F se encuentra en las condiciones ideales, esto se puede deducir ya que el punto E se encuentra a 180° y como se puede observar, este punto se encuentra muy cercano al centro de la rampa de escape. Cabe recalcar que el porcentaje de tolerancia al que puede estar localizado el punto E del centro es de más menos 10 grados. Con este análisis se puede decir que las válvulas de escape están abriendo y cerrando de manera óptima y que no presenta señales de mal asentamiento de válvulas.
- El ciclo de expulsión de gases (línea naranja) que va del punto F al G se encuentra en buenas condiciones, debido a que, se observa una línea continua sin picos que alteren la gráfica. Esto quiere decir que existe una buena circulación de gases al momento de salir al exterior. De esta manera podemos asegurar que el tubo de escape no presenta ninguna obstrucción y que existe una buena presión de escape.
- La rampa de admisión (color amarillo) que parte del punto G al I se encuentra en las condiciones ideales, esto se puede deducir ya que el punto H se encuentra a 10° después de los 360° aproximadamente y como se puede observar este punto se encuentra muy cercano al centro de

la rampa de admisión. Del punto I al punto J es donde se mantiene el vacío y el aire sigue aspirando y finalmente en el punto K la válvula de admisión se cierra, de esta forma se puede observar que durante estos puntos no presentan ninguna anomalía diciendo de esta manera que las válvulas de admisión están abriendo y cerrando de manera óptima y que no presenta señales de mal asentamiento de válvulas.

- La línea violeta en el oscilograma representa el vacío tanto en la admisión como el escape, como se puede observar la línea violeta coincide tanto con el punto D como con el punto K, adicionalmente la línea del oscilograma no sobrepasa la línea de tal forma que se descarte fallas en colector de admisión o problemas mecánicos en el conjunto del pistón.
- Al trazar líneas verticales en los puntos E y H estos deben coincidir con los 180° y 370° respectivamente de tal forma que al realizar el análisis se puede observar que el árbol de levas se encuentra en buen estado.

Figura 92

Oscilograma de presión del cilindro 1

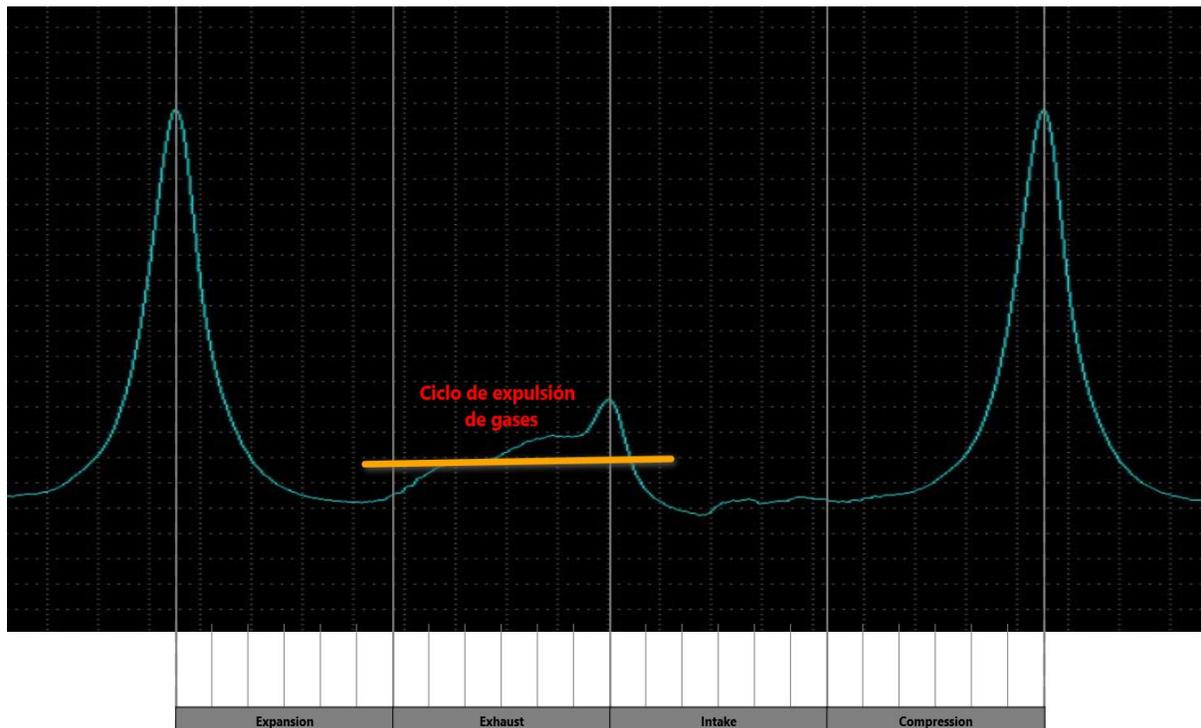


Nota. En la figura se muestra los datos obtenidos para el análisis de la presión de cilindro.

- Acorde al análisis de la figura 92 se puede observar que no existe ningún tipo de obstrucción en el tubo de escape del motor Hyundai Scoupe. En la figura 93 se puede apreciar que el oscilograma en la sección de expulsión de gases se encuentra fuera de la línea naranja. El oscilograma se pudo obtener debido al taponamiento del tubo de escape generado por los integrantes del proyecto de esta forma se puede apreciar la falla cuando se provoca obstrucción del mismo.

Figura 93

Oscilograma de la falla del tubo de escape



Nota. En la figura se muestra como el oscilograma varía después de obstruir el tubo de escape.

Diagnóstico electrónico

Sensor IAT (temperatura del aire de admisión)

Este sensor es el encargado de captar la señal del aire que ingresa al motor. Este sensor necesita de un divisor de tensión interno en la ECU para poder establecer el voltaje de señal.

Figura 94

Sensor IAT



Nota. En la figura se muestra el sensor IAT colocado en el motor Hyundai Scoupe 1995.

Tabla 15

Datos del sensor IAT

| Sensor IAT | |
|---|--|
| Número de cables | 2 |
| Color de los cables | Blanco(señal) |
| | Negro(tierra) |
| Pines correspondientes de la ECU | 4 del conector principal (entrada señal temperatura de aire) |
| | 7 del conector principal (negativo de la batería) |
| PID del sensor (magnitud) | °C |

Nota. En la tabla se muestra datos referentes a la descripción del sensor IAT.

Para la toma de datos con respecto a la resistencia del sensor IAT se realiza los siguientes pasos:

- Verificar que el switch del motor no esté en contacto.
- Colocar el multímetro en la opción de medida de ohmios.
- Retirar el conector del sensor a medir.
- Colocar las puntas del multímetro en los terminales del sensor.
- Registrar el valor obtenido en el multímetro

Tabla 16

Resistencia del sensor IAT

| Sensor IAT | |
|---------------------------|---------|
| Resistencia a 16°C | 4.53 kΩ |
| Resistencia a 19°C | 4.19 kΩ |
| Resistencia a 23°C | 3.89 kΩ |

Nota. En la tabla se muestra la resistencia del sensor IAT tomada a (16°C, 19°C y 23) °C.

Para tomar los datos de voltaje con respecto al voltaje de señal, referencia y masa se realiza los siguientes pasos:

- Colocar en contacto el switch del motor.
- Colocar el multímetro en la unidad a medir.
- Desconectar el conector del sensor IAT.
- Colocar la punta negativa del multímetro al negativo de la batería y la punta positiva a los pines del conector del sensor.
- Registrar los valores de voltaje de referencia y voltaje de masa del sensor IAT.

- Conectar nuevamente el conector al sensor e introducimos la punta positiva del multímetro en la parte trasera del conector donde se tomó la medida de voltaje de referencia.
- Registrar el voltaje de referencia obtenido del sensor.

Tabla 17*Voltaje del sensor IAT*

| Sensor IAT | |
|--------------------------------|--------|
| Voltaje de masa | 1.4 mV |
| Voltaje de referencia | 4.94 V |
| Voltaje de señal a 16°C | 2.76 V |
| Voltaje de señal a 19°C | 2.41 V |
| Voltaje de señal a 21°C | 2.08 V |

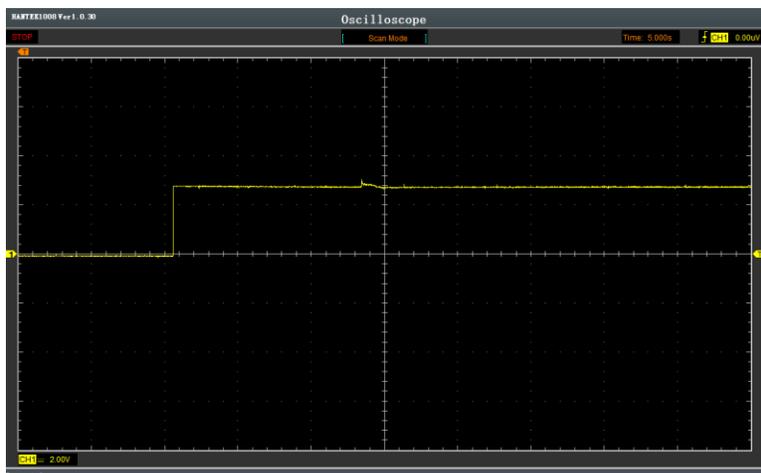
Nota. En la tabla se muestra los valores de voltaje del sensor IAT medidos con el multímetro.

Para obtener el oscilograma del sensor IAT a 16 °C se realiza los siguientes pasos:

- Conectar el terminal positivo del cable del osciloscopio en la parte trasera del conector del sensor donde se tomó el voltaje de referencia y señal. El terminal negativo se conecta en el borne negativo de la batería. El otro extremo del cable se conecta al canal del osciloscopio.
- Encender el motor.
- Calibrar el equipo en el canal 1(2V/Div) y un tiempo(5s/Div) para obtener una excelente visualización del oscilograma.
- Capturar la imagen del oscilograma obtenido.

Figura 95

Oscilograma del sensor IAT



Nota. En la figura se muestra la imagen tomada con la ayuda del osciloscopio Hantek 1008C.

Análisis

Con los valores obtenidos en las tablas 16 y 17 se diseñó la tabla 18 en donde se comparan los valores de resistencia y voltaje de señal con respecto a la temperatura del sensor IAT

Tabla 18

Resistencia y Voltaje de señal en función de la temperatura

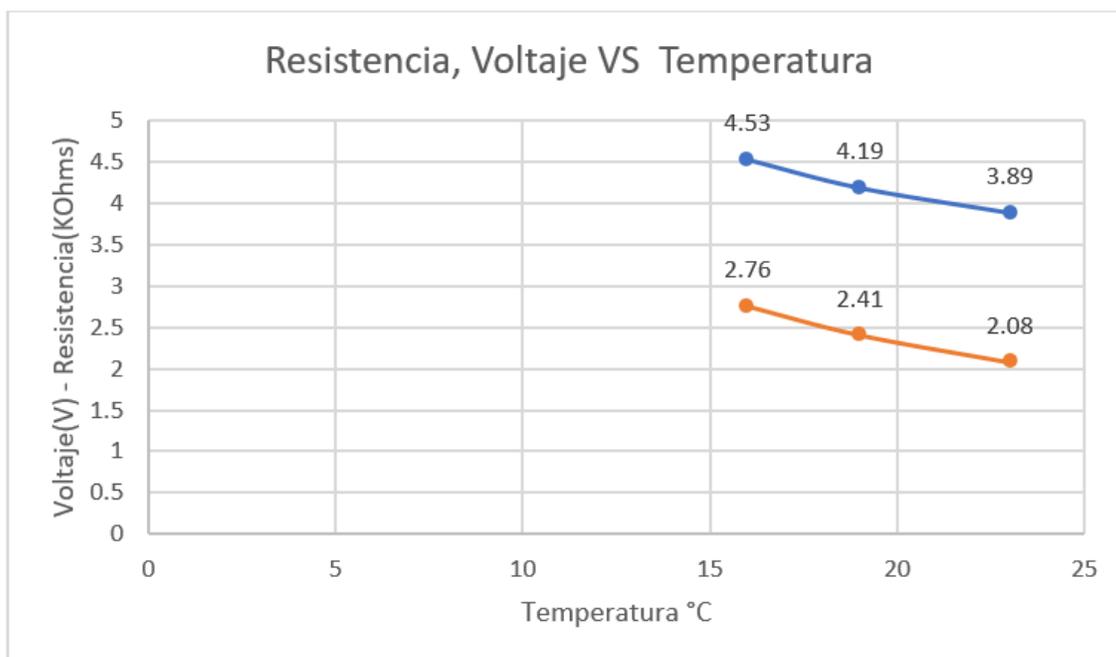
| Sensor IAT | | |
|---|-----------------------------|---|
| Resistencia (kΩ) | Voltaje de señal (V) | Temperatura $^{\circ}$C |
| 4.53 | 2.76 | 16 $^{\circ}$ C |
| 4.19 | 2.41 | 19 $^{\circ}$ C |
| 3.89 | 2.08 | 23 $^{\circ}$ C |

Nota. En la tabla se muestra los valores de resistencia y voltaje de señal tomados comparados con la temperatura del ambiente.

Con los datos obtenidos en la tabla 18 se puede observar en la figura 96 como la variación de resistencia y voltaje de señal del sensor IAT son inversamente proporcionales a la temperatura del mismo. Esto sucede debido a que el circuito interno de este sensor funciona como un termistor NTC el cual al aumentar su temperatura disminuye los valores tanto de resistencia como de voltaje.

Figura 96

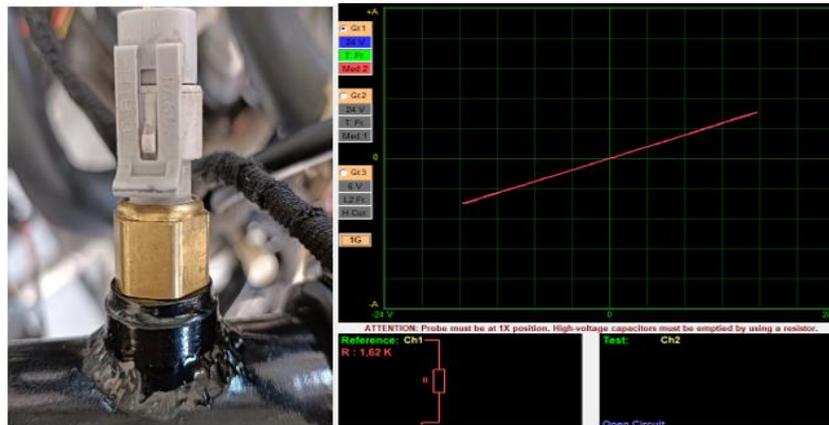
Gráfica de la resistencia y voltaje vs temperatura



Nota. En la figura se muestra como varían los valores de resistencia (línea azul) y de voltaje (línea naranja) con respecto a la temperatura del sensor IAT. De esta forma se observa el comportamiento del circuito como termistor NTC.

Figura 97

Figura de Lissajous del sensor IAT



Nota. En la figura se muestra la figura de Lissajous del sensor IAT la cual corresponde a una línea recta inclinada, acorde a la teoría esta pertenece a una resistencia y de esta forma coincide con el sensor debido a que este funciona como una resistencia.

Sensor ECT (temperatura del refrigerante)

El sensor ECT es un componente muy importante en los sistemas de control y supervisión del motor. Su propósito es detectar la temperatura del líquido refrigerante y enviar esta información a la Unidad de Control Electrónica (ECU) para que realice los ajustes adecuados en la mezcla de aire-combustible.

Figura 98

Sensor ECT



Nota. En la figura se muestra el sensor ECT colocado en el motor Hyundai S Coupe 1995.

Tabla 19*Datos del sensor ECT*

| SENSOR ECT | |
|---|---|
| Número de cables | 2 |
| Color de cables | Azul (señal) Negro (Tierra) |
| Pines correspondientes de la ECU | 3 (entrada señal temperatura del motor) 7 (negativo de la batería) |
| PID del sensor (magnitud) | °C |

Nota. En la tabla se muestra datos referentes a la descripción del sensor ECT.

Para la toma de datos con respecto a la resistencia del sensor ECT se realiza los siguientes pasos:

- Verificar que el switch del motor no esté en contacto.
- Colocar el multímetro en la opción de medida de ohmios.
- Retirar el conector del sensor a medir.
- Colocar las puntas del multímetro en los terminales del sensor.
- Registrar el valor obtenido en el multímetro

Tabla 20*Resistencia del sensor ECT*

| Sensor ECT | |
|----------------------------|----------|
| Resistencia a 30 °C | 3.209 kΩ |
| Resistencia a 52 °C | 0.89 kΩ |

| Sensor ECT | |
|---------------------|----------|
| Resistencia a 70 °C | 0.389 kΩ |
| Resistencia a 85 °C | 0.300 kΩ |

Nota. En la tabla se muestra la resistencia del sensor ECT tomada a 30°C, 52°C, 70°C y 85 °C.

Para tomar los datos de voltaje con respecto al voltaje de señal, referencia y masa se realiza los siguientes pasos:

- Colocar en contacto el switch del motor.
- Colocar el multímetro en la unidad a medir.
- Desconectar el conector del sensor ECT.
- Retirar el conector del sensor ECT.
- Colocar la punta negativa del multímetro al negativo de la batería y la punta positiva a los pines del conector del sensor.
- Registrar los valores de voltaje de referencia y voltaje de masa del sensor ECT.
- Conectar nuevamente el conector al sensor e introducimos la punta positiva del multímetro en la parte trasera del conector donde se tomó la medida de voltaje de referencia.
- Registrar el voltaje de señal a distintas temperaturas del motor.

Tabla 21

Voltajes del sensor ECT

| Sensor ECT | |
|-----------------------|--------|
| Voltaje de masa | 1.4 mV |
| Voltaje de referencia | 4.94 V |

| Sensor ECT | |
|-------------------------|--------|
| Voltaje de señal a 30°C | 2.35 V |
| Voltaje de señal a 52°C | 1.50 V |
| Voltaje de señal a 70°C | 801 mV |
| Voltaje de señal a 85°C | 606 mV |

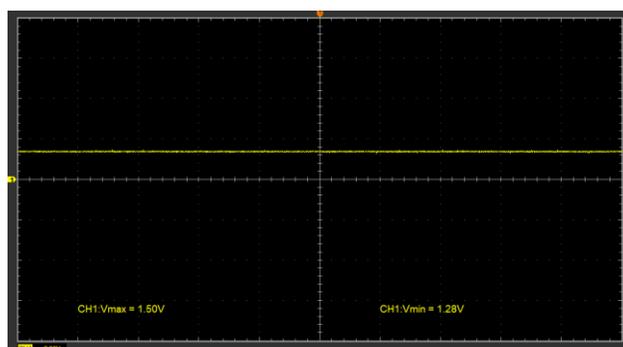
Nota. En la tabla se muestra los voltajes del sensor ECT tomada a 30°C, 52°C, 70°C y 85°C.

Para obtener el oscilograma del sensor ECT se realiza los siguientes pasos:

- Conectar el terminal positivo del cable del osciloscopio en la parte trasera del conector del sensor donde se tomó el voltaje de referencia y señal. El terminal negativo se conecta en el borne negativo de la batería. El otro extremo del cable se conecta al canal del osciloscopio.
- Encender el motor.
- Calibrar el equipo a las unidades necesarias para obtener una excelente visualización del oscilograma.
- Capturar la imagen del oscilograma obtenido a distintas temperaturas del motor.

Figura 99

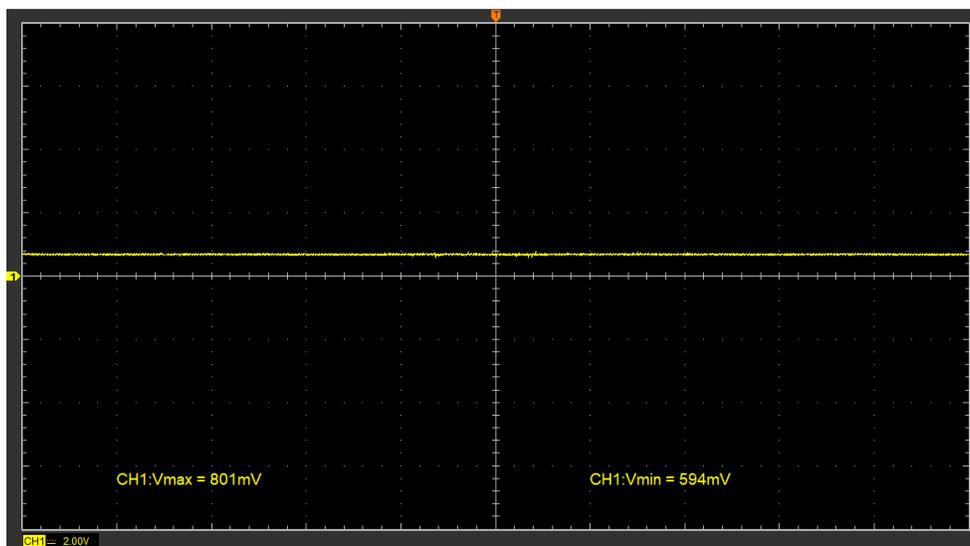
Oscilograma del sensor ECT a 52 °C



Nota. En la figura se muestra el oscilograma que se genera del sensor ECT a una temperatura de 52 °C.

Figura 100

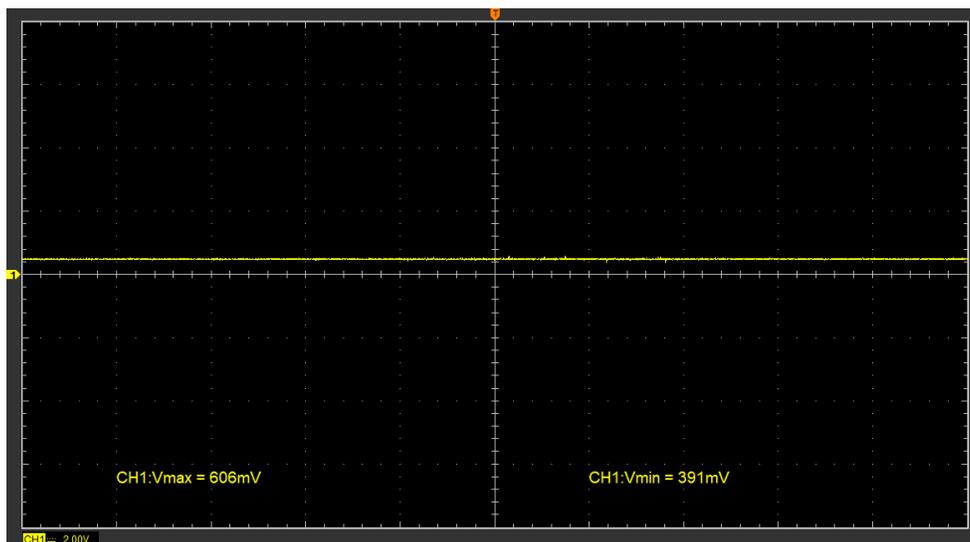
Oscilograma del sensor ECT a 70 °C



Nota. En la figura se muestra el oscilograma que se genera del sensor ECT a una temperatura de 70 °C.

Figura 101

Oscilograma del sensor ECT a 85 °C



Nota. En la figura se muestra el oscilograma que se genera del sensor ECT a una temperatura de 85 °C.

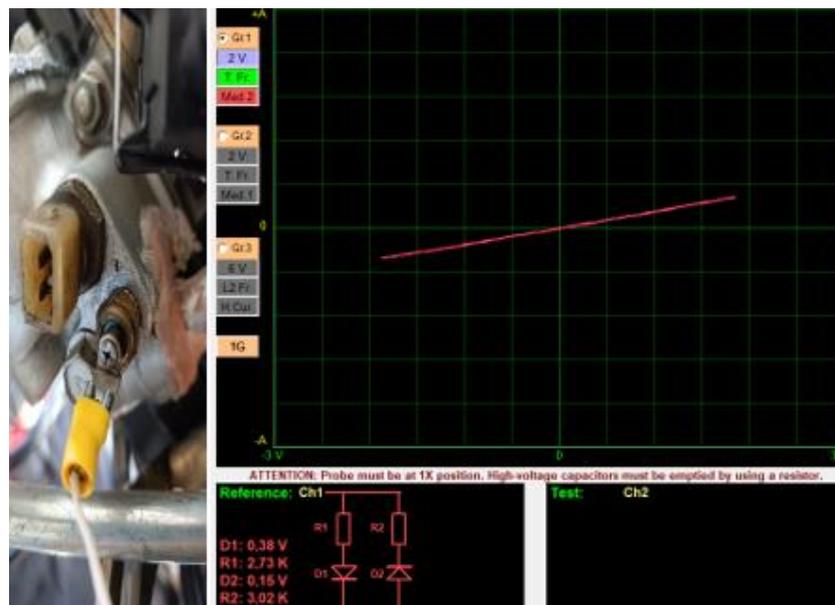
Figuras de Lissajous

Para realizar las comprobaciones del sensor del motor Hyundai S Coupe se utilizó el equipo FADOS9F1, este posee una interfase la cual se conecta mediante cable USB a la computadora para poder apreciar las imágenes obtenidas de cada componente. El procedimiento para obtener las figuras de Lissajous es el siguiente:

- Conectar la alimentación del equipo FADOS9F1.
- Conectar el USB del equipo a la computadora.
- Colocar las puntas de medición en los pines tanto de los sensores como de actuadores.
- Capturar la imagen obtenida del sensor en el equipo.

Figura 102

Figura de Lissajous del sensor ECT



Nota. En la figura se muestra la figura de Lissajous del sensor ECT la cual corresponde a una línea recta inclinada debido a que este sensor funciona como una resistencia.

Análisis

Con los valores obtenidos en las tablas 20 y 21 se diseñó la siguiente tabla 22 en donde se comparan los valores de resistencia y voltaje de señal con respecto a la temperatura del sensor ECT:

Tabla 22

Resistencia y Voltaje de señal en función de la temperatura

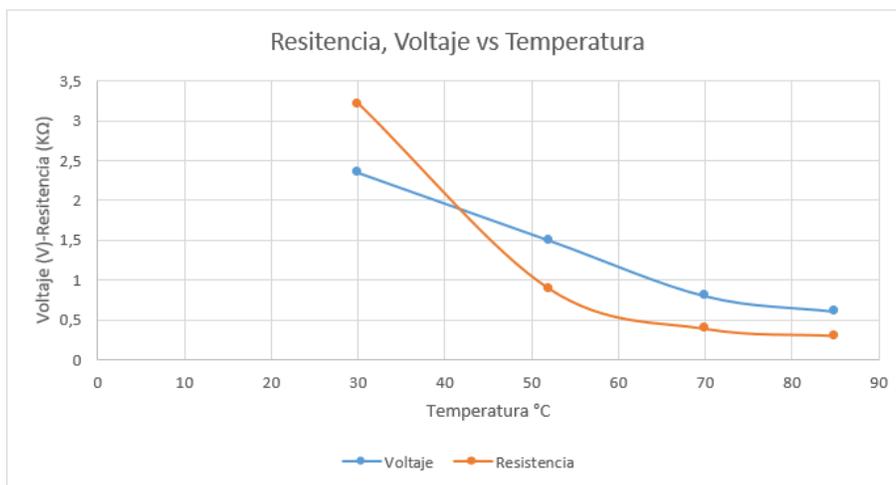
| Sensor ECT | | |
|---------------------------|----------------------|----------------|
| Resistencia (k Ω) | Voltaje de señal (V) | Temperatura °C |
| 3.209 | 2.35 | 30 |
| 0.89 | 1.50 | 52 |
| 0.389 | 0.801 | 70 |
| 0.300 | 0.606 | 85 |

Nota. En la tabla se muestra los valores de resistencia y voltaje de señal tomados comparados con la temperatura del refrigerante del motor.

Con los datos obtenidos en la tabla 22 se puede observar en la figura 103 como la variación de resistencia y voltaje de señal del sensor ECT son inversamente proporcionales a la temperatura del mismo. Esto sucede debido a que el circuito interno de este sensor funciona como un termistor NTC el cual al aumentar su temperatura disminuye los valores tanto de resistencia como de voltaje.

Figura 103

Gráfica de la resistencia y voltaje vs temperatura



Nota. En la figura se muestra como varían los valores de voltaje (línea azul) y de resistencia (línea naranja) con respecto a la temperatura del sensor ECT. De esta forma se observa el comportamiento del circuito como termistor NTC.

Sensor TPS (sensor de posición del acelerador)

Este sensor contiene un potenciómetro el cual es alimentado por 5V, este valor varía acorde a posición de la aleta del cuerpo de aceleración.

Figura 104

Sensor TPS



Nota. En la figura se muestra el sensor TPS colocado en el motor Hyundai Scoupe 1995.

Tabla 23*Datos del sensor TPS*

| Sensor TPS | |
|---|---|
| Número de cables | 3 |
| Color de los cables | Naranja (salida 5V) |
| | Verde/Blanco (señal) |
| | Negro (tierra) |
| Pines correspondientes de la ECU | 8 del conector principal (Salida de 5V) |
| | 2 del conector principal (señal del TPS) |
| | 7 del conector principal (Negativo de la batería) |
| PID del sensor (magnitud) | RPM, % |

Nota. En la tabla se muestra datos referentes a la descripción del sensor TPS.

Para la toma de datos con respecto a la resistencia del sensor TPS se realiza los siguientes pasos:

- Verificar que el switch del motor no esté en contacto.
- Colocar el multímetro en la opción de medida de ohmios.
- Retirar el conector del sensor a medir.
- Colocar las puntas del multímetro en los terminales 8 y 7 del sensor para obtener la resistencia total del mismo.
- Registrar el valor obtenido en el multímetro

Tabla 24*Resistencia del sensor TPS*

| Sensor TPS | |
|-------------------------------------|-----------------|
| Resistencia cerrado la aleta | 2.64 k Ω |
| Resistencia abierto la aleta | 1.06 k Ω |

Nota. En la tabla se muestra el registro del valor del sensor TPS tomado con el multímetro.

Para tomar los datos de voltaje con respecto al voltaje de señal, referencia y masa se realiza los siguientes pasos:

- Colocar en contacto el switch del motor.
- Colocar el multímetro en la unidad a medir.
- Desconectar el conector del sensor TPS.
- Colocar la punta negativa del multímetro al negativo de la batería y la punta positiva a los pines 8, 7 y 2 respectivamente.
- El proceso se realiza un pin a la vez.
- Registrar la medida obtenida en el multímetro.

Tabla 25*Voltaje del sensor TPS*

| Sensor TPS | |
|---|--------|
| Voltaje de masa | 1.4 mV |
| Voltaje de referencia | 5.02 V |
| Voltaje de señal con aleta al 0% | 4.56 V |

| Sensor TPS | |
|------------------------------------|--------|
| Voltaje de señal con aleta al 100% | 0.26 V |

Nota. En la tabla se muestra los valores de voltaje del sensor TPS medidos con el multímetro.

Para obtener el oscilograma del sensor TPS se realiza los siguientes pasos:

- Conectar el terminal positivo del cable del osciloscopio en la parte trasera del pin número 2 correspondiente al voltaje de señal. El terminal negativo se conecta en el borne negativo de la batería. El otro extremo del cable se conecta al canal del osciloscopio.
- Encender el motor.
- Calibrar el equipo en el canal 1(2V/Div) y un tiempo(1s/Div) para obtener una excelente visualización del oscilograma.
- Capturar la imagen del oscilograma obtenido.

Figura 105

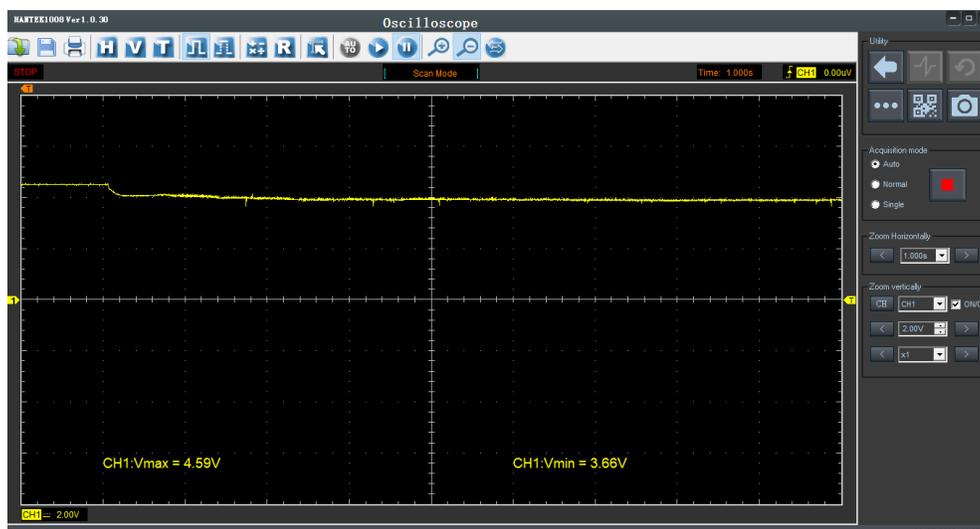
Oscilograma del sensor TPS en ralentí



Nota. En la figura se observa el oscilograma del sensor TPS en ralentí.

Figura 106

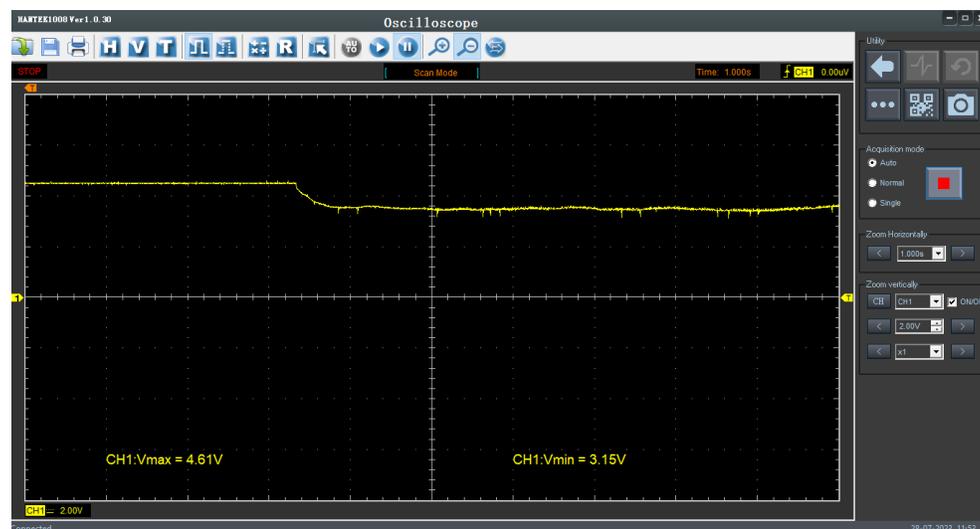
Oscilograma del sensor TPS a 2000 rpm



Nota. En la figura se observa el oscilograma del sensor TPS a 2000 rpm donde se observa como el voltaje desciende de 4.59V a 3.66V.

Figura 107

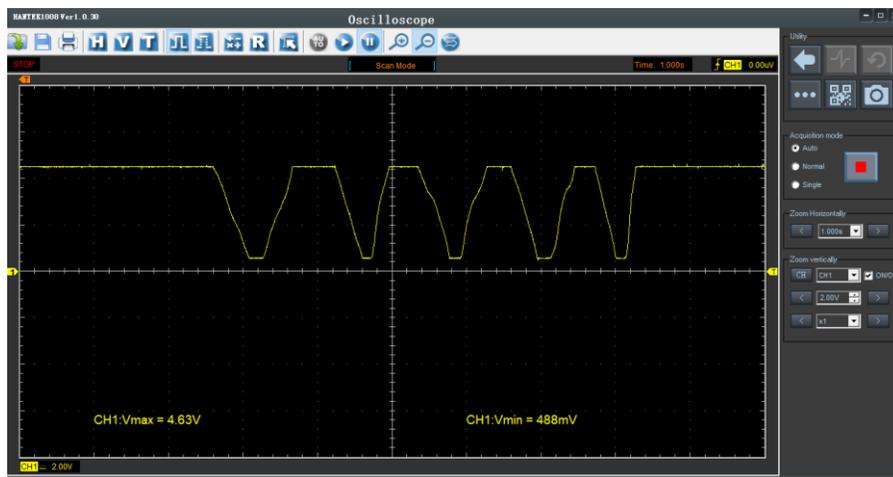
Oscilograma del sensor TPS a 4000 rpm



Nota. En la figura se muestra el oscilograma del sensor TPS a 4000 rpm donde se observa como el voltaje desciende de 4.61V a 3.15V.

Figura 108

Oscilograma del sensor TPS



Nota. En la figura se muestra el oscilograma del sensor TPS cuando se abre y cierra la mariposa de aceleración.

Análisis

Mediante los valores obtenidos en las tablas 24 y 25, y en las figuras 105, 106 y 107, se estructuró las siguientes tablas en donde se comparan los valores de resistencia y voltaje de señal con respecto a las RPM del sensor TPS.

Tabla 26

Resistencia del sensor TPS en función de los grados de apertura

| Sensor TPS | |
|---------------------------|----------------------------------|
| Resistencia (K Ω) | Grado de apertura ($^{\circ}$) |
| 2.64 | 0 |
| 1.06 | 100 |

Nota. En la tabla se muestra los valores de resistencia versus el grado de apertura del sensor TPS.

Tabla 27

Voltaje de señal del sensor TPS en función de las revoluciones del motor

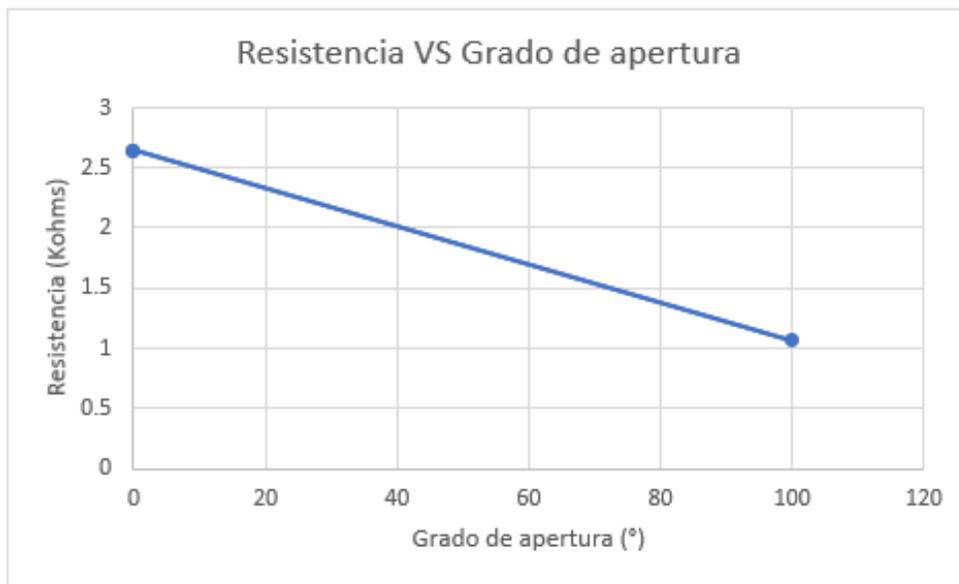
| Sensor TPS | |
|--------------------|-------------------------------------|
| Voltaje (V) | Revoluciones del motor (RPM) |
| 4.56 | 900 |
| 3.66 | 2000 |
| 3.15 | 4000 |
| 0.26 | 5500 |

Nota. En la tabla se muestra los valores de voltaje en función de las revoluciones del motor del sensor TPS.

Con los datos obtenidos tanto de la resistencia como la del voltaje se puede observar en la figura 109 y 110 que el circuito del sensor TPS funciona como una resistencia variable (potenciómetro). Además, se determina que los valores de resistencia con respecto al grado de apertura de la mariposa de aceleración y los valores de voltaje de señal con respecto a las revoluciones del motor son inversamente proporcionales, ya que al aumentar ya sea el grado de apertura o las revoluciones del motor, los valores de la resistencia y voltaje de señal descienden esto se debe a la configuración del sensor TPS del motor Hyundai Scoupe.

Figura 109

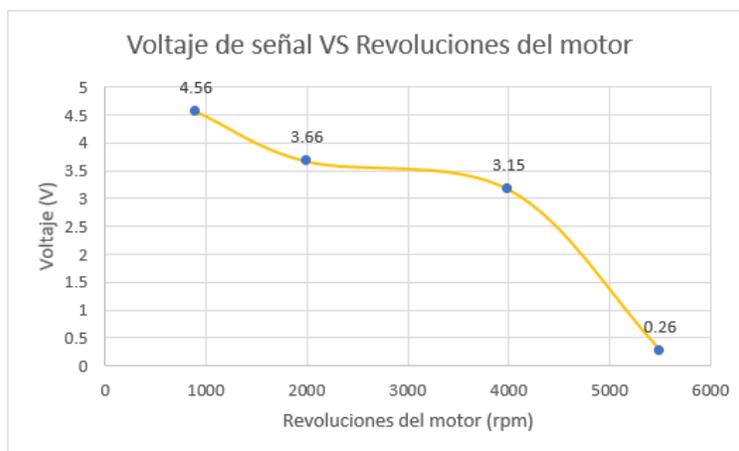
Gráfica de la resistencia vs grado de apertura del TPS



Nota. En la figura se muestra como varían los valores de resistencia (línea azul) con respecto al grado de apertura de la mariposa de aceleración.

Figura 110

Gráfica del voltaje de señal vs las revoluciones del motor del TPS



Nota. En la figura se muestra como varían los valores del voltaje de señal (línea amarilla) acorde a los valores de las revoluciones del motor.

En la figura 111 se observa como la imagen de Lissajous varia la línea recta inclinada debido a que este sensor es un potenciómetro (resistencia variable), cuando se abre y cierra la aleta de aceleración, de esta forma, cuando la mariposa de aceleración está cerrada la resistencia es de 2.69 K Ω y cuando está abierta la resistencia es de 1.08 K Ω respectivamente.

Figura 111

Figura de Lissajous del sensor TPS



Nota. En la figura se muestra la figura de Lissajous del sensor TPS

Sensor CKP (posición del cigüeñal)

La función principal del sensor CKP es detectar, monitorear la posición y velocidad de rotación del cigüeñal. Es decir, envía señales eléctricas a la Unidad de Control Electrónica (ECU), la cual controla de manera precisa la inyección de combustible, el encendido y otras funciones críticas.

Figura 112

Sensor CKP



Nota. En la figura se muestra el sensor CKP colocado en el motor Hyundai S Coupe 1995.

Tabla 28*Datos del sensor CKP*

| Sensor CKP | |
|---|--|
| Número de cables | 2 |
| Color de cables | Rojo Mallado(señal) Negro(Tierra) |
| Pines correspondientes de la ECU | 6(señal RPM positiva) 7(negativo de la batería) |
| PID del sensor (magnitud) | rpm, ms |

Nota. En la tabla se muestra datos referentes a la descripción del sensor CKP.

Para la toma de datos con respecto a la resistencia del sensor CKP se realiza los siguientes pasos:

- Verificar que el switch del motor no esté en contacto.
- Colocar el multímetro en la opción de medida de ohmios.
- Retirar el conector del sensor a medir.
- Colocar las puntas del multímetro en los terminales del sensor.
- Registrar el valor obtenido en el multímetro

Tabla 29*Resistencia del sensor CKP*

| Sensor CKP | |
|-------------------------|-------|
| Resistencia (kΩ) | 0.873 |

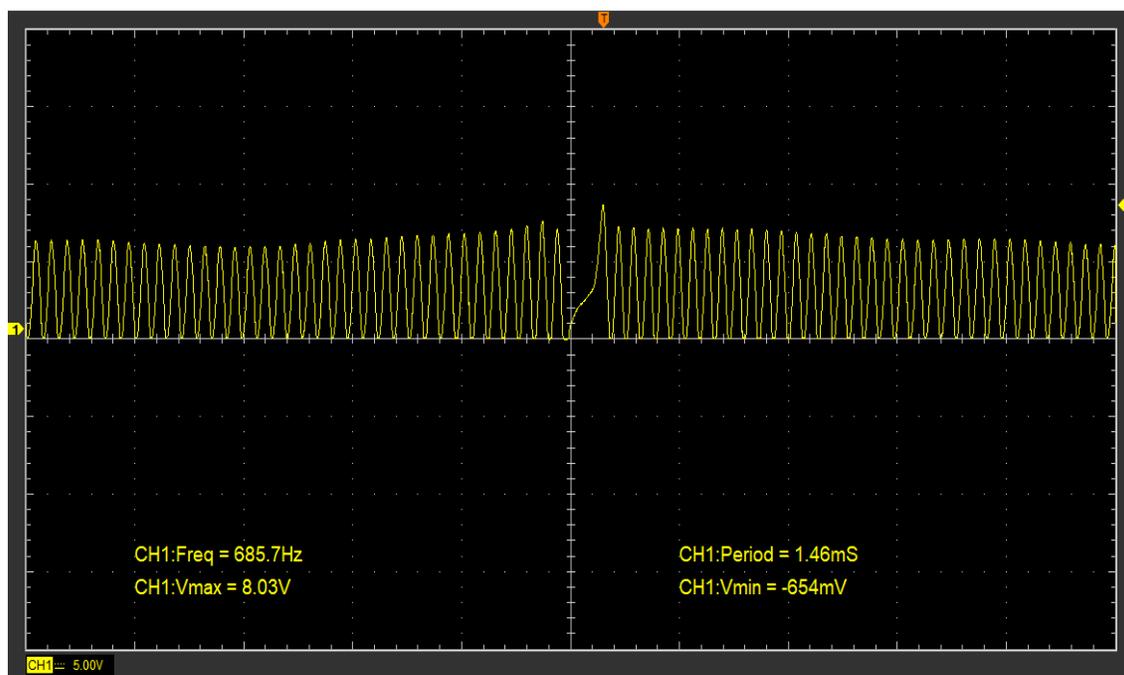
Nota. En la tabla se muestra la resistencia del sensor CKP.

Para obtener el oscilograma del sensor CKP se realiza los siguientes pasos:

- Conectar el terminal positivo del cable del osciloscopio en la parte trasera del conector del sensor. El terminal negativo se conecta en el borne negativo de la batería. El otro extremo del cable se conecta al canal del osciloscopio.
- Encender el motor.
- Calibrar el equipo a las unidades necesarias para obtener una excelente visualización del oscilograma.
- Capturar la imagen del oscilograma obtenido.

Figura 113

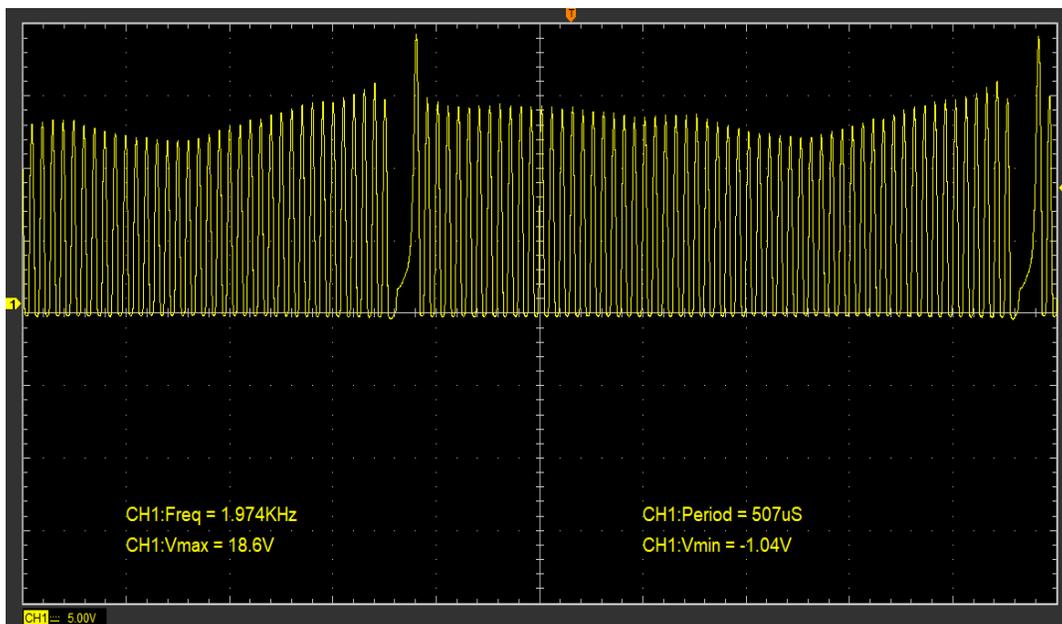
Oscilograma del sensor CKP en ralenti



Nota. En la figura se muestra el oscilograma que se genera del sensor CKP en ralenti.

Figura 114

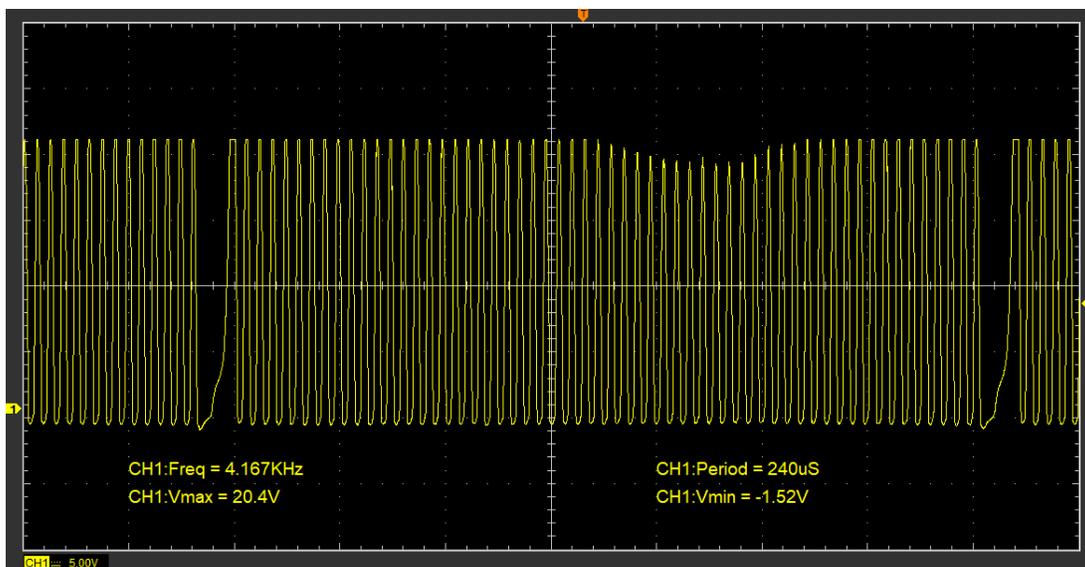
Oscilograma del sensor CKP a 2000 rpm



Nota. En la figura se muestra el oscilograma que se genera del sensor CKP a 2000 rpm.

Figura 115

Oscilograma del sensor CKP a 4000 rpm



Nota. En la figura se muestra el oscilograma que se genera del sensor CKP a 4000 rpm.

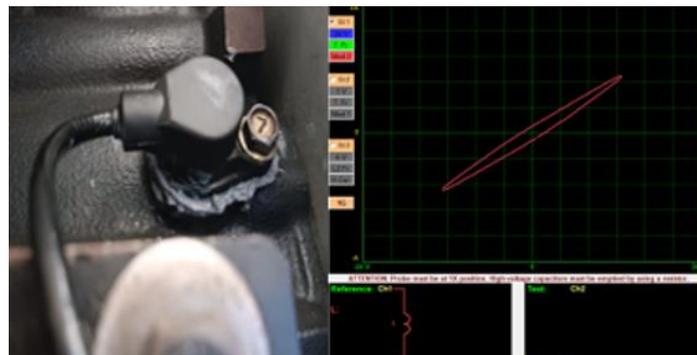
Figuras de Lissajous

Para realizar las comprobaciones del sensor del motor Hyundai Scoupe se utilizó el equipo FADOS9F1, este posee una interfase la cual se conecta mediante cable USB a la computadora para poder apreciar las imágenes obtenidas de cada componente. El procedimiento para obtener las figuras de Lissajous es el siguiente:

- Conectar la alimentación del equipo FADOS9F1.
- Conectar el USB del equipo a la computadora.
- Colocar las puntas de medición en los pines tanto de los sensores como de actuadores.
- Capturar la imagen obtenida del sensor en el equipo.

Figura 116

Figura de Lissajous del sensor CKP



Nota. En la figura se muestra la figura de Lissajous del sensor CKP la cual corresponde a un eclipse inclinado debido a que este sensor funciona como un sensor inductivo.

Análisis

Con los valores obtenidos en las figuras 113, 114 y 115 se diseñó la siguiente tabla 30 en donde se comparan los valores de frecuencia, período y voltaje máximo que se puede apreciar en los oscilogramas con respecto a las distintas revoluciones del sensor CKP:

Tabla 30

Datos obtenidos en el oscilograma del sensor CKP

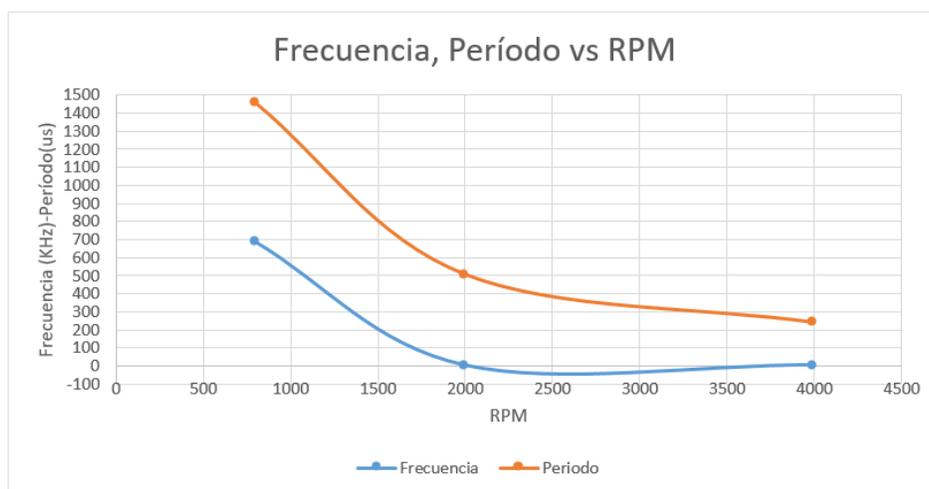
| Sensor CKP | | | |
|--------------------|------------------|--------------|-------------|
| Revoluciones (rpm) | Frecuencia (KHz) | Período (ms) | Voltaje (V) |
| 800 | 685.74 | 1.46 | 8.03 |
| 2000 | 1.974 | 0.507 | 18.6 |
| 4000 | 4.167 | 0.204 | 20.4 |

Nota. En la tabla se muestra los datos obtenidos en el oscilograma del sensor CKP a distintas revoluciones.

Con los datos obtenidos en la tabla 30 se puede observar en la figura 117 como la variación de frecuencia y periodo del sensor CKP son inversamente proporcionales a las revoluciones del motor.

Figura 117

Gráfica de la frecuencia y periodo vs rpm



Nota. En la figura se muestra como varían los valores de frecuencia (línea azul) y de periodo (línea naranja) con respecto a las revoluciones del motor.

Actuadores

Válvula IAC (control de aire de ralentí)

La válvula IAC es un actuador el cual desempeña un papel muy importante en los sistemas de inyección de combustible, pues esta válvula ajusta la cantidad de aire que ingresa al motor cuando se encuentra en ralentí y evita que se apague cuando el conductor no presiona el acelerador.

Figura 118

Válvula IAC



Nota. En la figura se muestra la válvula IAC colocada en el motor Hyundai S Coupe 1995.

Para la toma de datos con respecto a las resistencias de la válvula IAC se realiza los siguientes pasos:

- Verificar que el switch del motor no esté en contacto.
- Colocar el multímetro en la opción de medida de ohmios.
- Retirar el conector de la válvula IAC.
- Colocar las puntas del multímetro en los terminales del actuador.

- Registrar el valor obtenido en el multímetro

Tabla 31

Resistencias de la válvula IAC

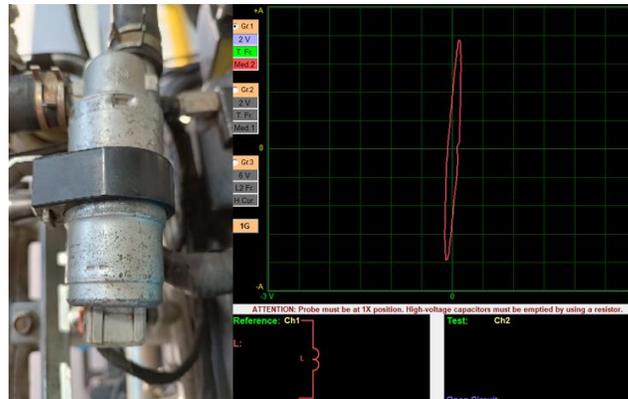
| VALVULA IAC | |
|--------------------------------|-----------------|
| Resistencia total | 23.9 k Ω |
| Resistencia en bobina 1 | 11.4 k Ω |
| Resistencia en bobina 2 | 12.4 k Ω |

Nota. En la tabla se muestra las resistencias de la válvula IAC.

Figuras de Lissajous

Para realizar las comprobaciones del actuador del motor Hyundai Scoupe se utilizó el equipo FADOS9F1, este posee una interfase la cual se conecta mediante cable USB a la computadora para poder apreciar las imágenes obtenidas de cada componente. El procedimiento para obtener las figuras de Lissajous es el siguiente:

- Conectar la alimentación del equipo FADOS9F1.
- Conectar el USB del equipo a la computadora.
- Colocar las puntas de medición en los pines tanto de los sensores como de actuadores.
- Capturar la imagen obtenida del actuador en el equipo.

Figura 119*Figura de Lissajous de la Válvula IAC*

Nota. En la figura se muestra la figura de Lissajous de la válvula IAC, la cual corresponde a un eclipse inclinado debido a que esta válvula tiene internamente bobinas.

Inyectores

El inyector figura 120 consta de una bobina la cual se abre o se cierra mediante pulsos que envía la unidad de control electrónica.

Figura 120*Inyector del motor Hyundai Scoupe 1995*

Nota. En la figura se muestra la imagen del inyector tomada del motor Hyundai Scoupe.

Tabla 32*Datos del inyector*

| Inyector | |
|---|---|
| Número de cables | 2 |
| Color de los cables | Celeste (inyector 1) |
| | Celeste / Negro (inyector 2) |
| | Celeste / Verde (inyector 3) |
| | Celeste / Verde (inyector 4) |
| | Rojo (positivo de contacto) |
| Pines correspondientes de la ECU | 14 del conector secundario (positivo de contacto) |
| | 15 (inyector 1) |
| | 16 (inyector 2) |
| | 17 (inyector 3) |
| | 18 (inyector 4) |
| PID del sensor (magnitud) | RPM, ms, V |

Nota. En la tabla se muestra datos referentes a la descripción del inyector.

Para tomar los datos de la resistencia de los inyectores se realiza los siguientes pasos:

- Verificar que el switch del vehículo esté en off.
- Desconectar el conector del inyector.
- Colocar el multímetro en la opción de medida de resistencia.
- Colocar las puntas del multímetro en los pines del inyector previamente desconectado.
- Registrar las medidas tomadas.

Figura 121*Resistencia del inyector*

Nota. En la figura se observa la medida de resistencia del inyector tomada con el multímetro.

Para tomar los valores de voltaje se realizó el siguiente procedimiento:

- Colocar el switch en la posición de contacto.
- Desconectar el conector del inyector.
- Colocar el multímetro en la escala de voltaje y conectar la punta negativa del mismo al borne negativo de la batería y el positivo a los dos pines del inyector.
- Colocar el conector en el inyector y colocar una aguja de medición en el pin 18 del conector secundario.
- Registrar la medida tomada con el multímetro.

Tabla 33*Voltaje del inyector*

| Inyector | |
|--|------------------------------|
| Voltaje de alimentación (V) | 1.4 |
| Voltaje de control de masa (mV - V) | 12.42 (inyector desactivado) |
| | 0.3 (inyector activado) |

Nota. En la tabla se muestra los valores de voltaje del inyector medidos con el multímetro.

Para obtener los tiempos de apertura de los inyectores y también los oscilogramas a distintas revoluciones se realizó el siguiente procedimiento:

- Colocar la punta negativa del osciloscopio al borne negativo de la batería y la punta positiva al pin 18 correspondiente al primer inyector.
- Encender el motor.
- Calibrar el osciloscopio en el canal 1(5V/Div) y un tiempo(50ms/Div) para obtener una excelente visualización del oscilograma.
- Capturar los datos y el oscilograma correspondiente.

Tabla 34

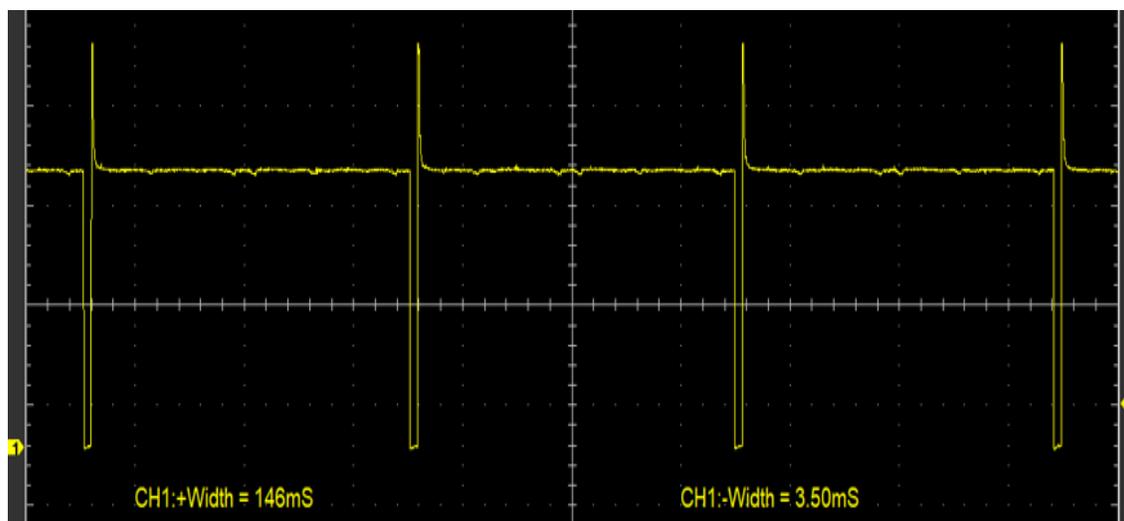
Tiempo de inyección del inyector

| Tiempo de inyección | |
|----------------------------|---------|
| 900 rpm | 3.50 ms |
| 2000 rpm | 3.75 ms |
| 4000 rpm | 4.82 ms |

Nota. En la tabla se muestra el tiempo de inyección del inyector a (900, 2000 y 4000) rpm.

Figura 122

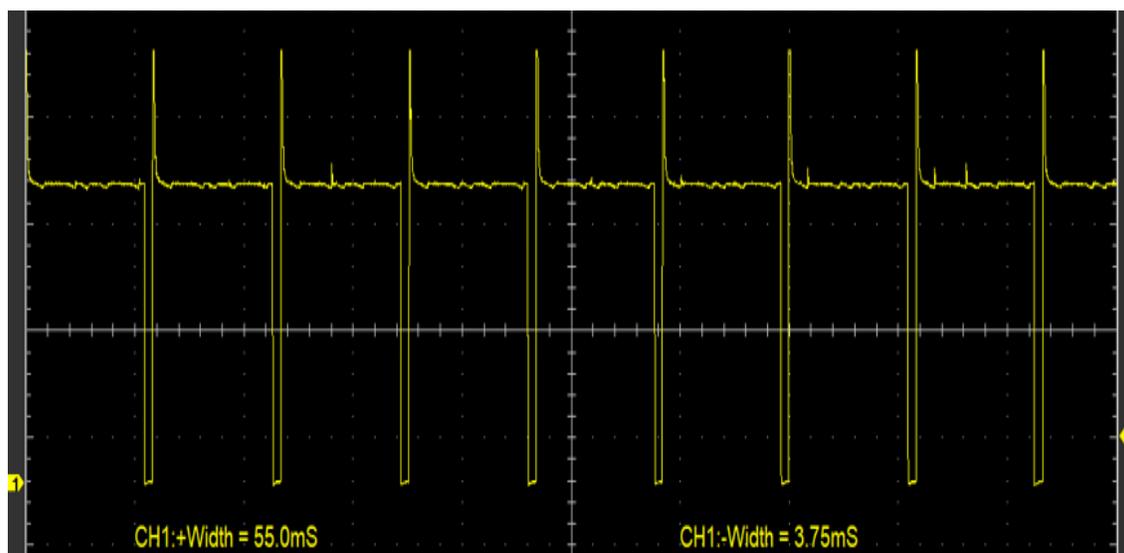
Oscilograma del inyector a 900 rpm



Nota. En la figura se muestra el oscilograma y el tiempo de inyección (3.5ms) del inyector a 900 rpm.

Figura 123

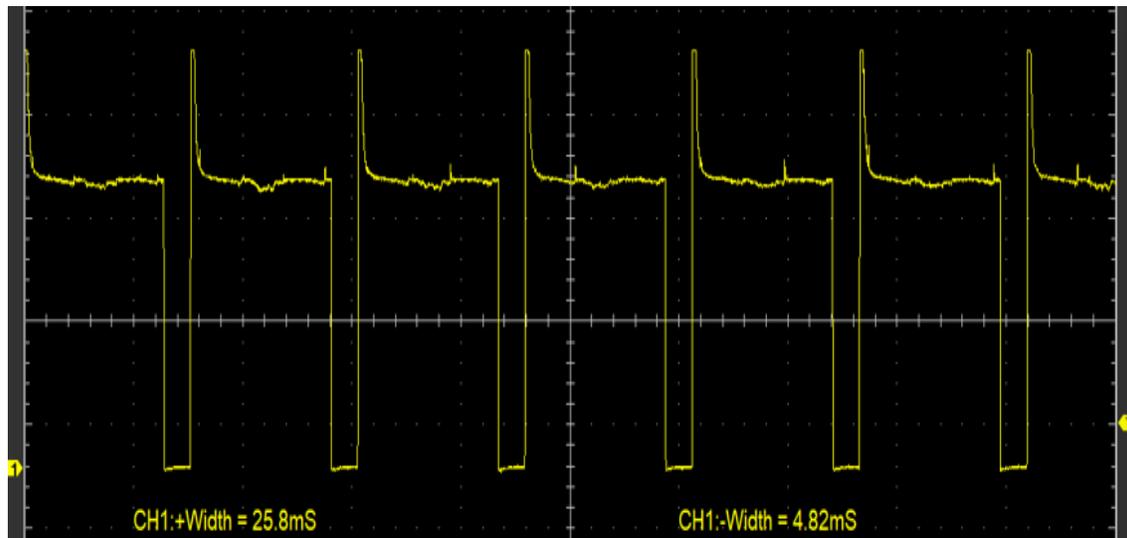
Oscilograma del inyector a 2000 rpm



Nota. En la figura se observa el oscilograma y el tiempo de inyección (3.75ms) del inyector a 2000 rpm.

Figura 124

Oscilograma del inyector a 4000 rpm



Nota. En la figura se observa el oscilograma y el tiempo de inyección (4.82ms) del inyector a 4000 rpm.

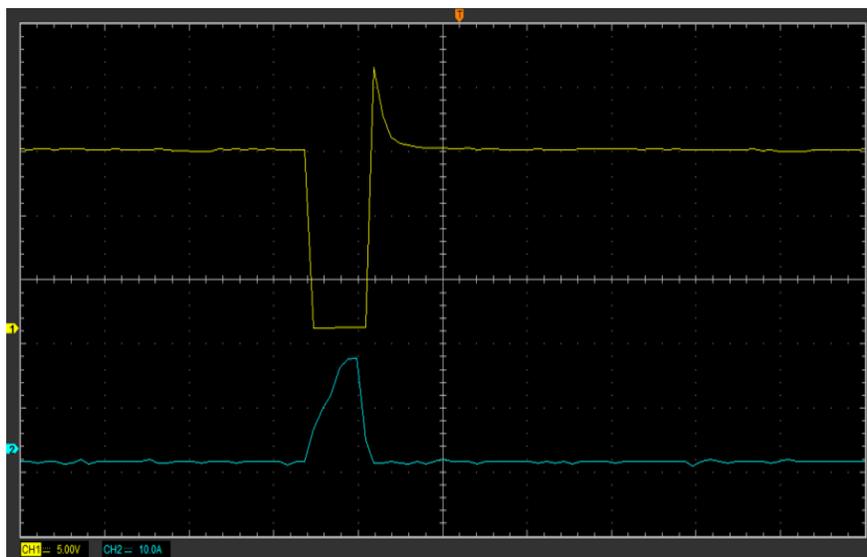
Consumo de corriente del inyector

Para realizar la prueba de consumo de corriente se realiza siguiente procedimiento:

- Seguir los pasos previamente especificados para la obtención del oscilograma del inyector.
- Realizar un puente en los puertos del fusible que controla la inyección, colocar la pinza amperimétrica en el cable de señal del inyector y el otro extremo del cable de la pinza al canal número 2 del osciloscopio.
- Calibrar el osciloscopio en el canal 2(10A/Div) y un tiempo(5ms/Div) para obtener una excelente visualización del oscilograma.
- Capturar el oscilograma correspondiente.

Figura 125

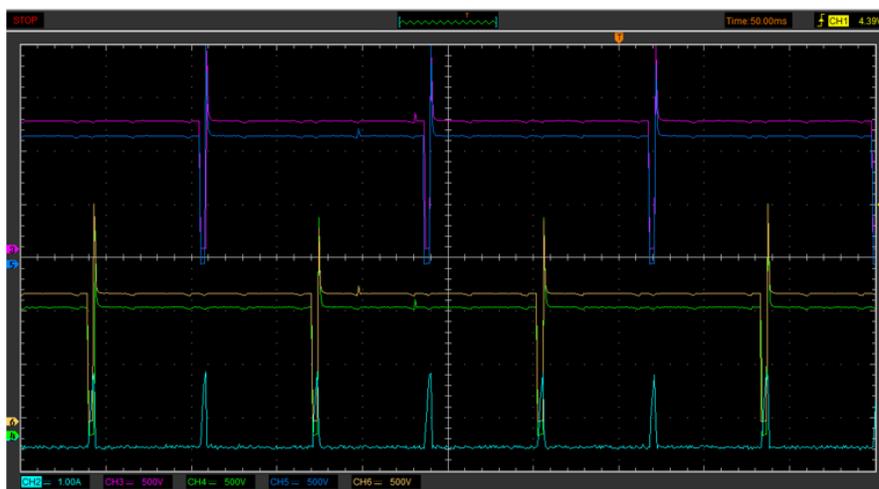
Oscilograma del inyector y del consumo de corriente del inyector



Nota. En la figura se observa el oscilograma de consumo de corriente del inyector con respecto al oscilograma del inyector.

Figura 126

Oscilograma de los inyectores y del consumo de corriente del inyector



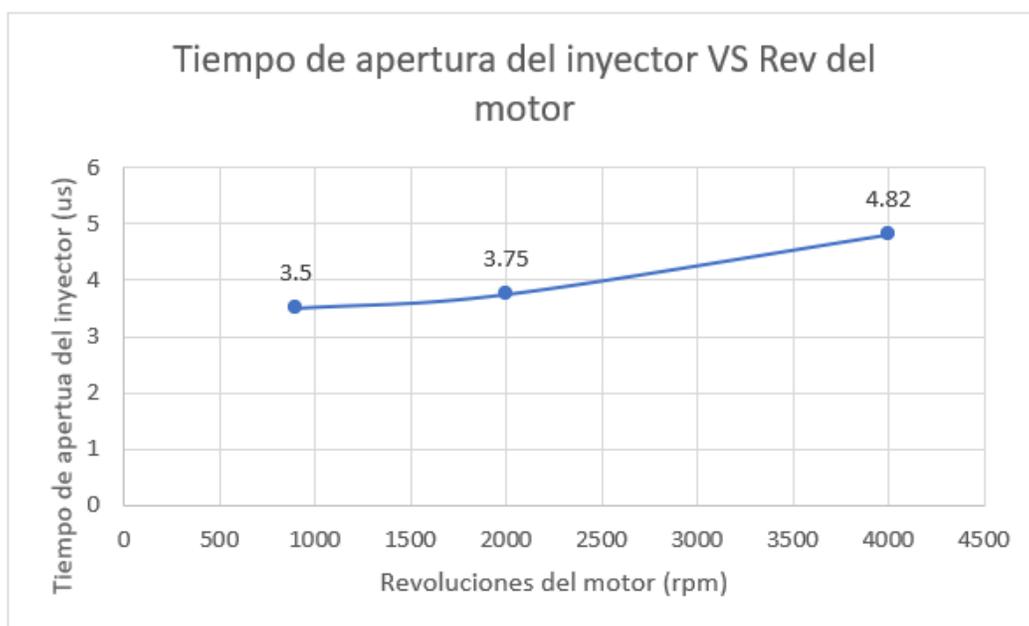
Nota. En la figura se observa el oscilograma de consumo de corriente de los inyectores con respecto al oscilograma de los cuatro inyectores del motor.

Análisis

Acorde a la tabla 34 se puede determinar cómo varía el tiempo de apertura de los inyectores con respecto a las revoluciones del motor, en donde se puede observar que mientras se elevan las revoluciones del motor, el tiempo de apertura de los inyectores también es mayor. Por tal razón cuando el motor se revolucione de una manera brusca, el consumo de gasolina va a ser mayor.

Figura 127

Gráfica del tiempo de apertura del inyector vs revoluciones del motor



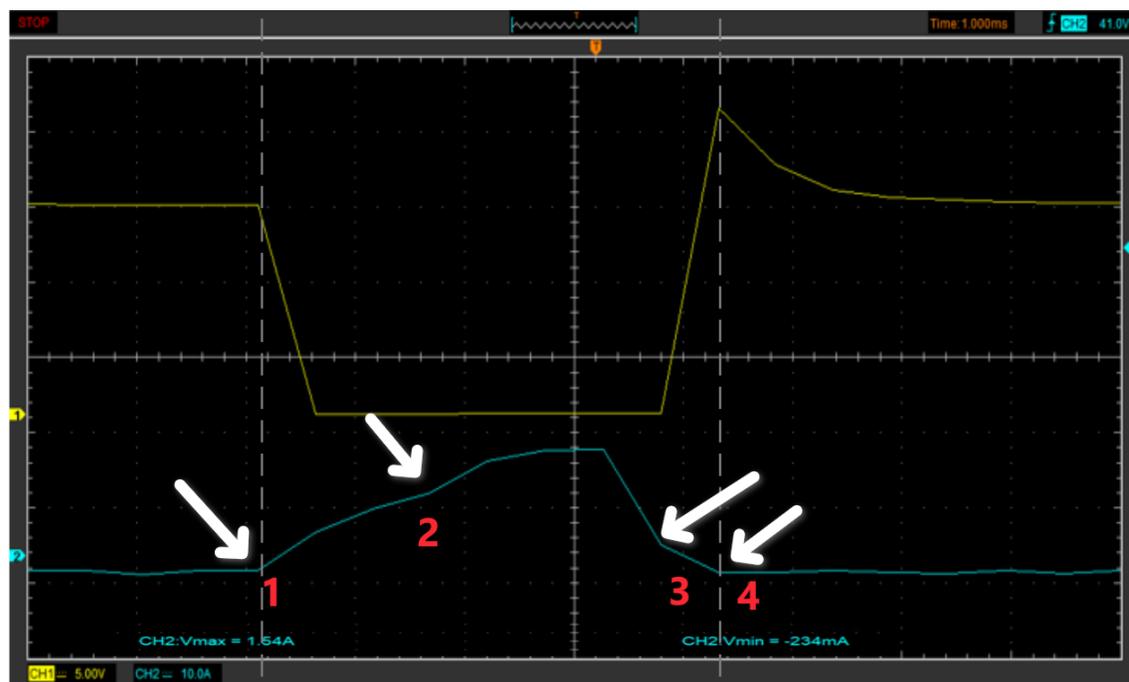
Nota. En la figura se muestra como varía el tiempo de apertura del inyector con las revoluciones del motor observando que estas unidades son directamente proporcionales, ya que, mientras aumenta las revoluciones del motor también aumenta el tiempo de apertura del inyector del motor Hyundai Scoupe.

Mediante la gráfica de consumo de corriente se puede determinar el comportamiento del inyector con respecto al tiempo de apertura. En la figura 128 se compara oscilograma del consumo de corriente del inyector con el oscilograma del inyector. Donde se puede observar que del punto 1 al punto 2 representa el tiempo en donde la aguja del inyector inicia su apertura. Del punto 2 al punto 3 es

el momento en que la aguja del inyector se abre por completo e inicia la inyección de combustible hacia la cámara de combustión. Del punto 3 al punto 4 es cuando la aguja del inyector da inicio a su cierre hasta cerrarse por completo. De tal manera que del punto 1 al punto 4 es el proceso que realiza el inyector número 1 y el resto de inyectores del motor Hyundai Scoupe. En la figura 128 también se puede observar que el pico más alto de la gráfica del consumo de corriente es de 1.54 A, normalmente el pico suele llegar hasta los 2A, de esta forma se puede determinar que el inyector está en buenas condiciones de funcionamiento.

Figura 128

Tiempo de inyección del inyector



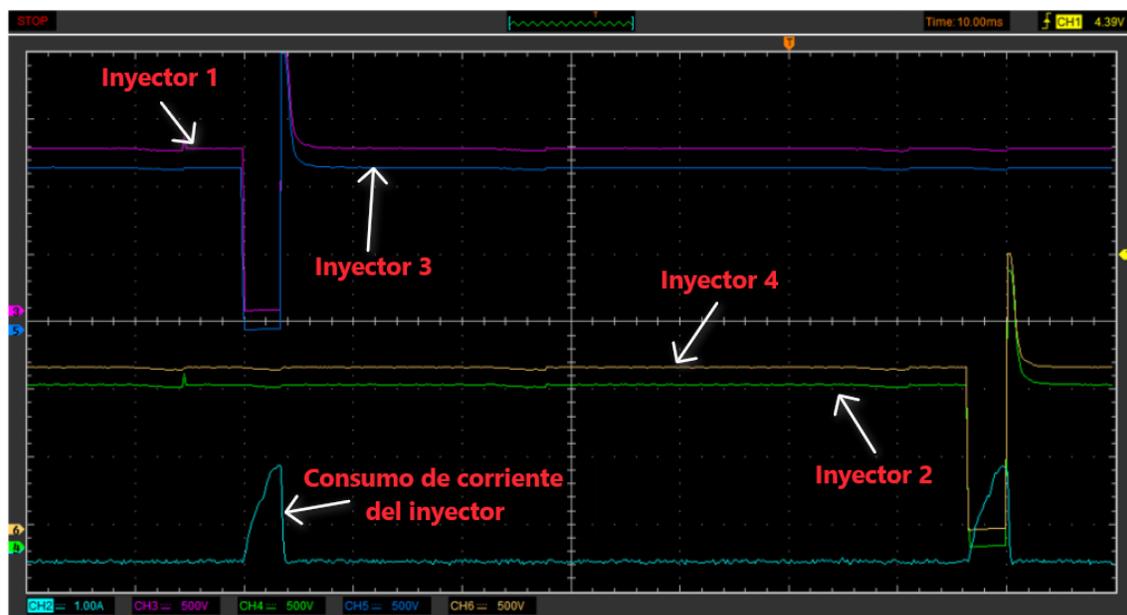
Nota. En la figura se muestra cómo se relaciona el consumo de corriente del inyector con el tiempo de apertura, inyección y cierre del inyector.

Mediante la prueba de consumo de corriente del inyector también se puede observar la forma de inyección de los inyectores. Para realizar este proceso además de la pinza amperimétrica, se agregó

tres canales adicionales de esta forma, se puede apreciar en la figura 129 que la forma de inyección del motor Hyundai Scoupe es semi secuencial, debido a que en la imagen los inyectores están realizando su trabajo de dos en dos. También se muestra que la forma de inyección del primer par de inyectores corresponde a los inyectores 1 y 3. El segundo par de inyectores que entran en funcionamiento son los inyectores restantes ósea el inyector 2 y 4.

Figura 129

Tiempo de inyección de los 4 inyectores y consumo de corriente

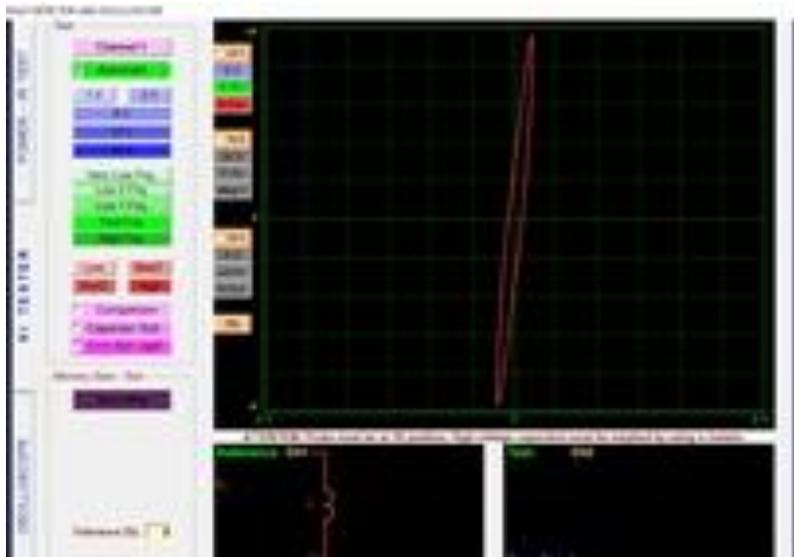


Nota. En la figura se muestra cómo se relaciona el consumo de corriente del inyector con los cuatro inyectores del motor Hyundai Scoupe.

La imagen de Lissajous obtenida del inyector del motor, es una elipse, que acorde a la teoría coincide con el inyector debido a que el circuito interno del mismo es una bobina.

Figura 130

Figura de Lissajous del inyector



Nota. En la figura se muestra la imagen de Lissajous del inyector Hyundai S Coupe 1995.

Bobina de encendido

La bobina de encendido funciona como un transformador, recibe la baja tensión de la batería y la eleva a una alta tensión en un corto lapso de tiempo. La ECU envía una señal e indica el momento exacto para que se produzca el encendido de una bujía en un cilindro específico.

Figura 131

Bobina de encendido



Nota. En la figura se muestra la bobina de encendido colocada en el motor Hyundai S Coupe 1995.

Tabla 35

Datos de la bobina de encendido

| Bobina de encendido | |
|---|--|
| Número de cables | 4 |
| Color de cables | Rojo (Positivo) Negro (Tierra) Amarillo (Ignición 1) Amarillo y negro (Ignición 2) |
| Pines correspondientes de la ECU | 14 ramal principal (Positivo 12V alimentación) 14 ramal secundario (Masa de potencia) 9 (Salida ignición 1) 8 (Salida ignición 2) |
| PID del sensor (magnitud) | V, Ohm |

Nota. En la tabla se muestra datos referentes a la descripción de la bobina de encendido.

Para la toma de datos con respecto a la resistencia de la bobina se realiza los siguientes pasos:

- Verificar que el switch del motor no esté en contacto.
- Colocar el multímetro en la opción de medida de ohmios.
- Retirar el conector de la bobina.
- Colocar las puntas del multímetro en el bobinado secundario de la bobina.
- Colocar las puntas del FADOS9F1 en el bobinado primario de la bobina y por test de imágenes medir la resistencia.
- Registrar el valor obtenido en el multímetro y en el FADOS9F1.

Tabla 36*Resistencia de la bobina*

| Bobina | |
|---|------------------|
| Resistencia en el bobinado secundario | 5.14 k Ω |
| Resistencia en el bobinado primario (Ignición 1) | 2.81 k Ω |
| Resistencia en el bobinado primario (Ignición 2) | 2.85 k Ω |
| Resistencia en el positivo y tierra | 0.008 k Ω |

Nota. En la tabla se muestra las resistencias de la bobina de encendido, tanto el bobinado primario como el secundario.

Para tomar los datos de voltaje con respecto al voltaje de señal, referencia y masa se realiza los siguientes pasos:

- Colocar en contacto el switch del motor.
- Colocar el multímetro en la unidad a medir.
- Colocar la punta negativa del multímetro al negativo de la batería y la punta positiva a los pines del conector de la bobina.
- Registrar los valores de voltaje de referencia, voltaje de masa y control de masa.

Tabla 37*Voltajes de la bobina*

| Bobina de encendido | |
|------------------------------|---------|
| Voltaje de masa | 2.1 mV |
| Voltaje de referencia | 12.56 V |

| Bobina de encendido | |
|-----------------------|--------|
| Voltaje de Ignición 1 | 2.35 V |
| Voltaje de Ignición 2 | 2.35 V |

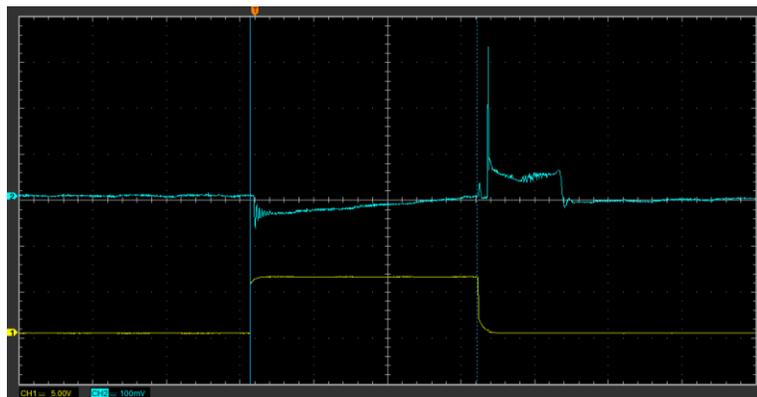
Nota. En la tabla se muestra los voltajes de la bobina de encendido.

Para obtener el oscilograma de la bobina se realiza los siguientes pasos:

- Conectar el terminal positivo del cable del osciloscopio en la parte trasera del conector de la bobina donde se tomó los valores de voltaje. El terminal negativo se conecta en el borne negativo de la batería. El otro extremo del cable se conecta al canal del osciloscopio.
- Encender el motor.
- Calibrar el equipo a las unidades necesarias para obtener una excelente visualización del oscilograma.
- Capturar los datos y el oscilograma correspondiente

Figura 132

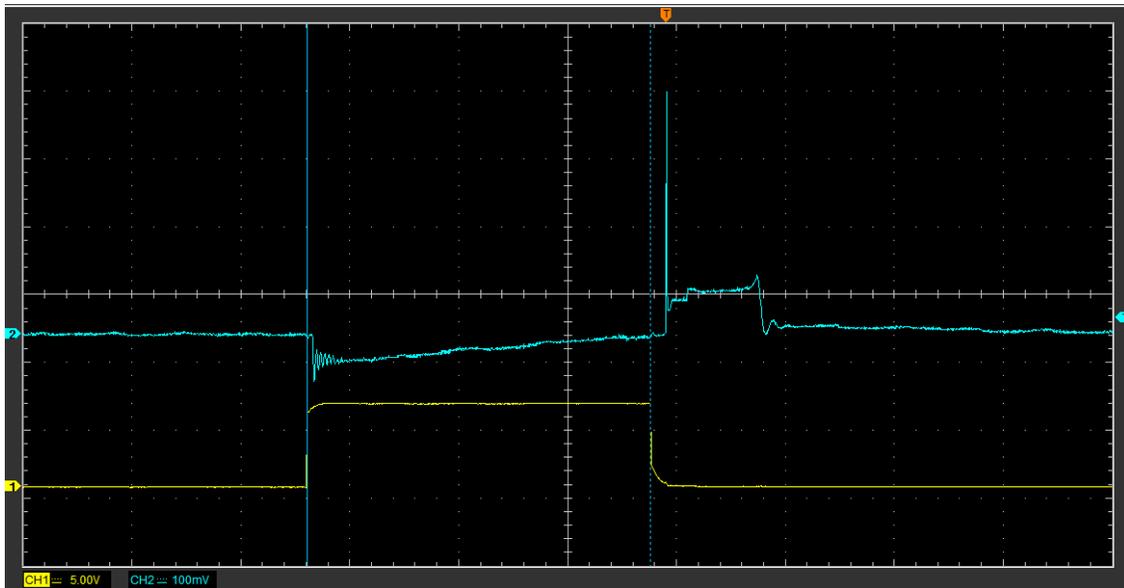
Oscilograma de la bobina de encendido



Nota. En la figura se muestra el oscilograma que se genera en la bobina, además se puede apreciar el ángulo de Dwell de ignición 1 con cilindro 1.

Figura 133

Oscilograma de la bobina de encendido



Nota. En la figura se muestra el oscilograma que se genera en la bobina, además se puede apreciar el ángulo de Dwell de ignición 2 con cilindro 2.

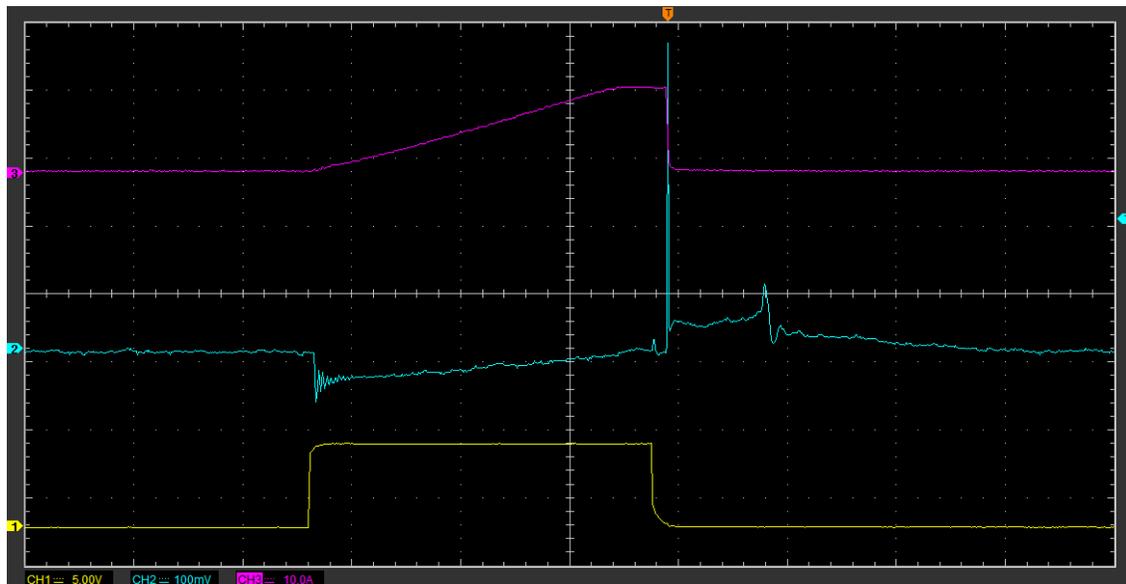
Consumo de corriente, ángulo de Dwell y tiempo de quemado

Para realizar la prueba de consumo de corriente se realiza siguiente procedimiento:

- Seguir los pasos previamente especificados para la obtención del oscilograma de la bobina.
- Realizar un puente en los puertos del fusible que controla la bobina y colocar la pinza amperimétrica. Después, conectar la sonda de encendido al cable de bujía del primer cilindro. Finalmente, conectamos otro canal en el bobinado primario (Ignición 1) de la bobina.
- Calibrar el osciloscopio para obtener una excelente visualización del oscilograma.
- Capturar el oscilograma correspondiente.

Figura 134

Oscilograma del Consumo de corriente y tiempo de quemado



Nota. En la figura se observa el oscilograma de consumo de corriente de la bobina con respecto al oscilograma del tiempo de quemado.

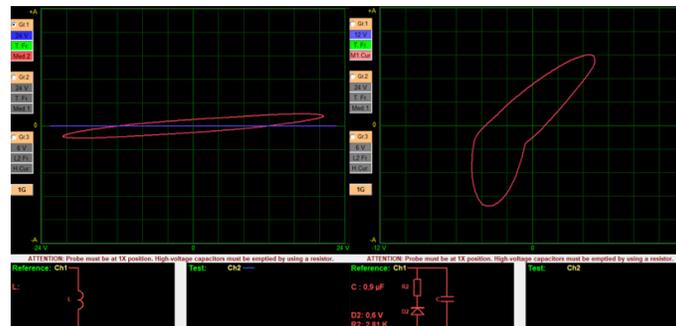
Figuras de Lissajous

Para realizar las comprobaciones del actuador del motor Hyundai Scoupe se utilizó el equipo FADOS9F1, este posee una interfase la cual se conecta mediante cable USB a la computadora para poder apreciar las imágenes obtenidas de cada componente. El procedimiento para obtener las figuras de Lissajous es el siguiente:

- Conectar la alimentación del equipo FADOS9F1.
- Conectar el USB del equipo a la computadora.
- Colocar las puntas de medición en los pines tanto de los sensores como de actuadores.
- Capturar la imagen obtenida del actuador en el equipo.

Figura 135

Figura de Lissajous de la bobina de encendido

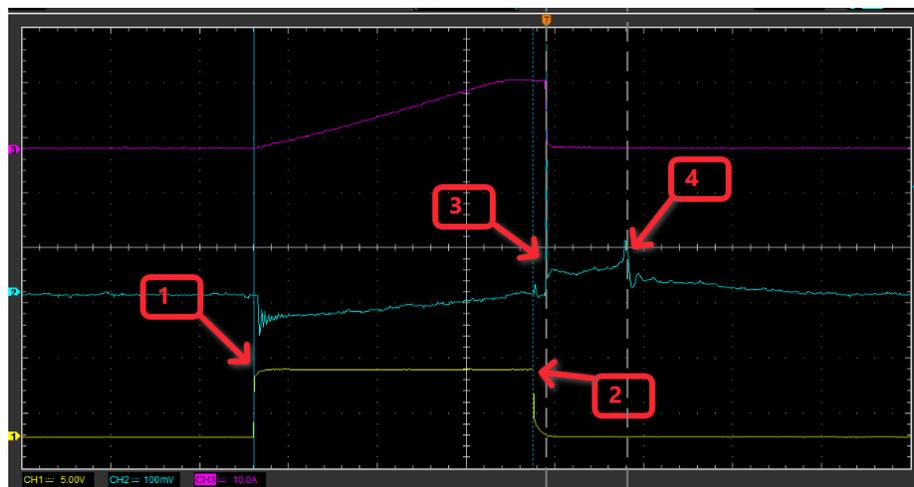


Nota. En la figura se muestra la figura de Lissajous de la bobina tanto del bobinado primario y secundario, el cual corresponde a un eclipse inclinado del bobinado secundario debido a que este actuador tiene internamente una bobina, a diferencia del bobinado primario que corresponde a un eclipse deformado debido a que tiene internamente resistencia y capacitor.

Análisis

Figura 136

Tiempo de carga, descarga, consumo de corriente y tiempo de quemado de la bobina



Nota. En la figura se muestra cómo se relaciona la carga, la descarga de la bobina con el consumo de corriente y el tiempo en que tarda en quemar la mezcla de aire-combustible.

Mediante la gráfica de consumo de corriente se puede determinar el comportamiento de la bobina con respecto al tiempo de quemado de combustible. En la figura 136 se compara oscilograma del consumo de corriente con el oscilograma del tiempo de quemado de la bobina. Donde se puede observar que del punto 1 al punto 2 representa el tiempo en donde la bobina realiza la carga en un tiempo de 3.15 ms. Además, al momento en que realiza la carga la bobina existe un consumo de corriente de 13.3 A. Exactamente en el punto 3 en el oscilograma se puede observar el pico más alto de la gráfica del canal 2, el cual representa la descarga de la bobina y por ende el salto de chispa de la bujía. Finalmente, del punto 3 al punto 4 es el tiempo en que tarda en quemar la mezcla aire-combustible, el cual es de 0.907 ms.

Bomba de combustible

Es un componente fundamental pues su función es suministrar el combustible desde el depósito hacia el motor, el tipo de bomba empleada en el motor Hyundai S Coupe es eléctrica, se activa mediante energía eléctrica y se encuentra ubicada en el interior del tanque de combustible.

Figura 137

Bomba de combustible



Nota. En la figura se muestra la bobina de encendido colocada en el motor Hyundai S Coupe 1995.

Tabla 38*Datos de la bomba de combustible*

| Bomba de combustible | |
|---|-----------------------------------|
| Número de cables | 2 |
| Color de cables | Rojo (Positivo) Negro (Tierra) |
| Pines correspondientes de la ECU | 14 (Positivo 12V alimentación) |
| PID del sensor (magnitud) | V, Ohm |

Nota. En la tabla se muestra datos referentes a la descripción de la bomba de combustible.

Para la toma de datos con respecto a la resistencia de la bomba se realiza los siguientes pasos:

- Verificar que el switch del motor no esté en contacto.
- Colocar el multímetro en la opción de medida de ohmios.
- Retirar el conector de la bomba.
- Colocar las puntas del multímetro en los terminales de la bomba.
- Registrar el valor obtenido en el multímetro

Tabla 39*Resistencia de la bomba de combustible*

| Bomba de combustible | |
|-----------------------------|----------------|
| Resistencia | 3.1 k Ω |

Nota. En la tabla se muestra la resistencia de la bomba de combustible.

Para tomar los datos de voltaje con respecto al voltaje de referencia y masa se realiza los siguientes pasos:

- Colocar en contacto el switch del motor.
- Colocar el multímetro en la unidad a medir.
- Colocar la punta negativa del multímetro al negativo de la batería y la punta positiva a los pines del conector de la bomba.
- Registrar los valores de voltaje de referencia y voltaje de masa.

Tabla 40

Voltajes de la bomba de combustible

| Bomba de combustible | |
|--------------------------------|---------|
| Voltaje de masa | 1.8 mV |
| Voltaje de alimentación | 12.56 V |

Nota. En la tabla se muestra los voltajes de la bomba de combustible.

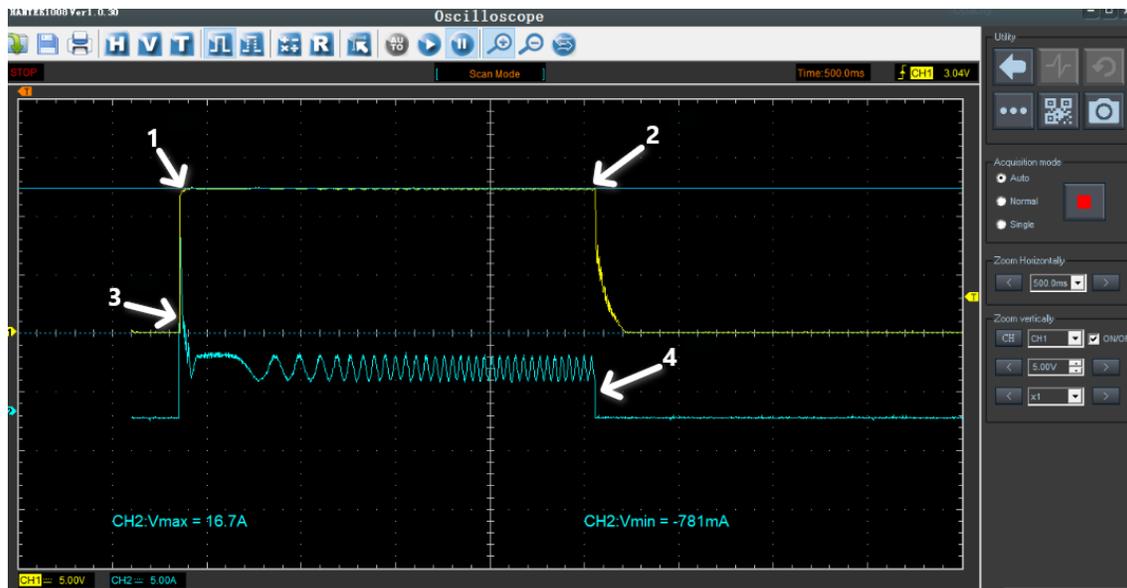
Para obtener el oscilograma de la bomba al activarse, desactivarse y el consumo de corriente que genera se realiza los siguientes pasos:

- Conectar el terminal positivo del cable del osciloscopio en la parte trasera del conector de la bomba donde se tomó los valores de voltaje. El terminal negativo se conecta en el borne negativo de la batería. El otro extremo del cable se conecta al canal del osciloscopio.
- Realizar un puente en los puertos del fusible que controla la bomba y colocar la pinza amperimétrica.
- Encender el motor.

- Calibrar el equipo a las unidades necesarias para obtener una excelente visualización del oscilograma.
- Capturar los datos y el oscilograma correspondiente

Figura 138

Oscilograma del consumo de corriente al activarse y desactivarse



Nota. En la figura se observa el oscilograma de consumo de corriente que genera la bomba de combustible al activarse y desactivarse.

Figuras de Lissajous

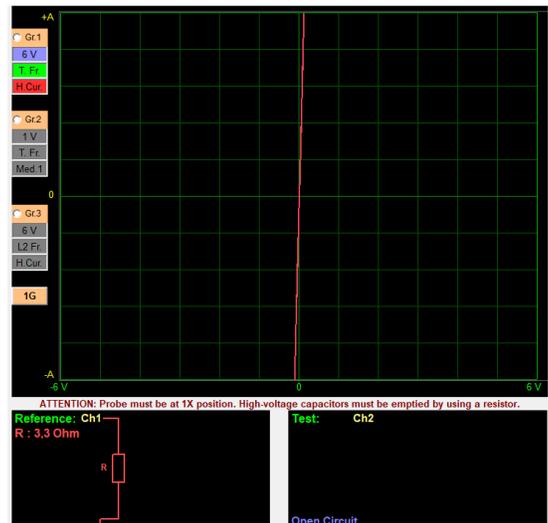
Para realizar las comprobaciones del actuador del motor Hyundai Scoupe se utilizó el equipo FADOS9F1, este posee una interfase la cual se conecta mediante cable USB a la computadora para poder apreciar las imágenes obtenidas de cada componente. El procedimiento para obtener las figuras de Lissajous es el siguiente:

- Conectar la alimentación del equipo FADOS9F1.
- Conectar el USB del equipo a la computadora.

- Colocar las puntas de medición en los pines tanto de los sensores como de actuadores.
- Capturar la imagen obtenida del actuador en el equipo.

Figura 139

Figura de Lissajous de la bomba de combustible



Nota. En la figura se muestra la figura de Lissajous de la bomba de combustible, el cual corresponde a una resistencia.

Análisis

Mediante el oscilograma obtenido de la bomba de combustible al activar, desactivar y del consumo de corriente que se genera, se puede determinar el comportamiento de las curvas de voltaje y corriente con respecto al tiempo. En la figura 138 se contrasta el oscilograma del consumo de corriente con el oscilograma de activación y desactivación de la bomba. Donde se puede observar que del punto 1 al punto 2 representa el tiempo en donde la bomba permanece activa con un voltaje de alimentación de 12.56 V. Además, al momento en el que realiza la activación la bomba de combustible existe un consumo de corriente máximo de 16.7 A y un mínimo de -781 mA. Exactamente en el punto 3 en el oscilograma se puede observar el pico más alto de la gráfica del canal 2, el cual representa la presión

inicial que se genera en la bomba. Finalmente, en la gráfica se puede observar que el amperaje se mantiene hasta que la bomba deja de funcionar.

Ventilador eléctrico

Es un componente eléctrico el cual se activa cuando la temperatura del motor alcanza una temperatura preestablecida por la ECU y está ubicado cerca del radiador.

Figura 140

Ventilador eléctrico



Nota. En la figura se muestra el ventilador eléctrico colocada en el motor Hyundai S Coupe 1995.

Tabla 41

Datos del ventilador eléctrico

| Ventilador eléctrico | |
|---|-----------------------------------|
| Número de cables | 2 |
| Color de cables | Rojo (Positivo) Negro (Tierra) |
| Pines correspondientes de la ECU | 14 (Positivo 12V alimentación) |
| PID del sensor (magnitud) | V, Ohm |

Nota. En la tabla se muestra datos referentes a la descripción del ventilador eléctrico.

Para la toma de datos con respecto a la resistencia del ventilador eléctrico se realiza los siguientes pasos:

- Verificar que el switch del motor no esté en contacto.
- Colocar el multímetro en la opción de medida de ohmios.
- Retirar el conector del ventilador.
- Colocar las puntas del multímetro en los terminales del ventilador.
- Registrar el valor obtenido en el multímetro

Tabla 42

Resistencia del ventilador eléctrico

| Ventilador eléctrico | |
|-----------------------------|----------------|
| Resistencia | 3.1 k Ω |

Nota. En la tabla se muestra la resistencia del ventilador eléctrico.

Para tomar los datos de voltaje con respecto al voltaje de referencia y masa se realiza los siguientes pasos:

- Colocar en contacto el switch del motor.
- Colocar el multímetro en la unidad a medir.
- Colocar la punta negativa del multímetro al negativo de la batería y la punta positiva a los pines del conector del ventilador.
- Registrar los valores de voltaje de referencia y voltaje de masa.

Tabla 43*Voltajes del ventilador eléctrico*

| Ventilador eléctrico | |
|--------------------------------|---------|
| Voltaje de masa | 1.8 mV |
| Voltaje de alimentación | 12.56 V |

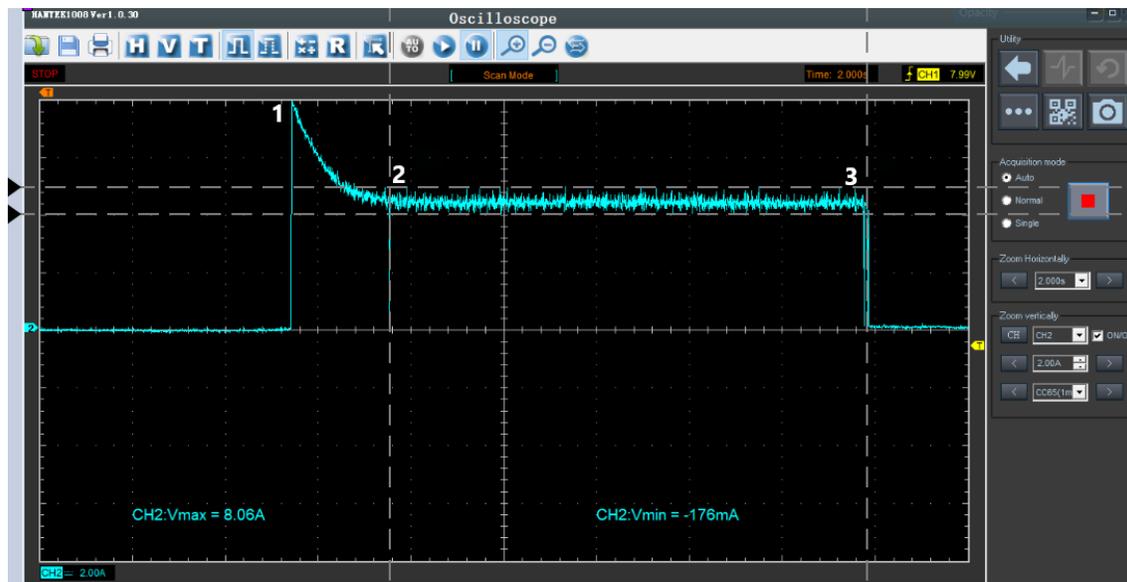
Nota. En la tabla se muestra los voltajes del ventilador eléctrico.

Para obtener el oscilograma el consumo de corriente que genera al activarse el ventilador se realiza los siguientes pasos:

- Conectar el terminal positivo del cable del osciloscopio en la parte trasera del conector del ventilador donde se tomó los valores de voltaje. El terminal negativo se conecta en el borne negativo de la batería. El otro extremo del cable se conecta al canal del osciloscopio.
- Realizar un puente en los puertos del fusible que controla el ventilador y colocar la pinza amperimétrica.
- Encender el motor.
- Calibrar el equipo a las unidades necesarias para obtener una excelente visualización del oscilograma.
- Capturar los datos y el oscilograma correspondiente

Figura 141

Oscilograma del consumo de corriente al activarse y desactivarse



Nota. En la figura se observa el oscilograma de consumo de corriente que genera el ventilador eléctrico al activarse.

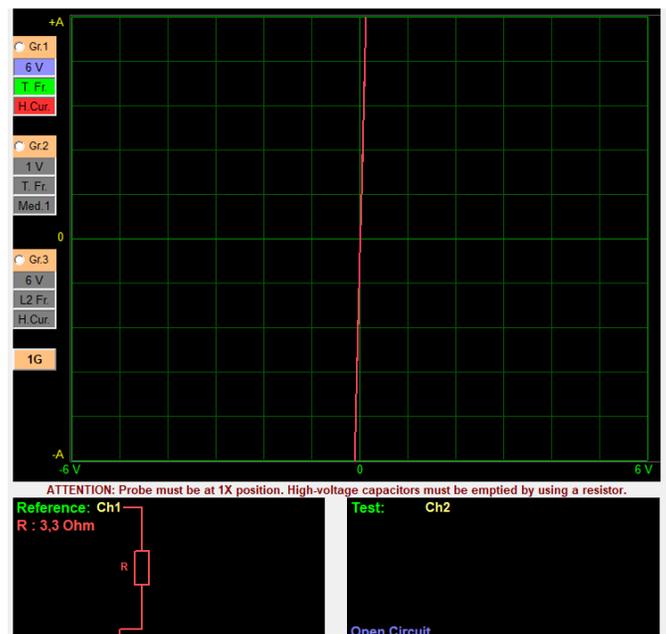
Figuras de Lissajous

Para realizar las comprobaciones del actuador del motor Hyundai Scoupe se utilizó el equipo FADOS9F1, este posee una interfase la cual se conecta mediante cable USB a la computadora para poder apreciar las imágenes obtenidas de cada componente. El procedimiento para obtener las figuras de Lissajous es el siguiente:

- Conectar la alimentación del equipo FADOS9F1.
- Conectar el USB del equipo a la computadora.
- Colocar las puntas de medición en los pines tanto de los sensores como de actuadores.
- Capturar la imagen obtenida del actuador en el equipo.

Figura 142

Figura de Lissajous del ventilador



Nota. En la figura se muestra la figura de Lissajous del ventilador, el cual corresponde a una resistencia.

Análisis

Mediante el oscilograma obtenido del ventilador eléctrico al activar, desactivar y del consumo de corriente que se genera, se puede determinar el comportamiento de las curvas de voltaje y corriente con respecto al tiempo. En la figura 141 se puede observar que del punto 1 al punto 3 representa el tiempo en donde el ventilador empieza a funcionar con un voltaje de alimentación de 12.56 V al igual que la bomba de combustible. Además, al momento en el que empieza a funcionar el ventilador existe un consumo de corriente máximo de 8.06 A y un mínimo de -176 mA. Exactamente en el punto 1 en el oscilograma se puede observar el pico más alto de la gráfica, el cual representa la activación inicial que se genera el ventilador. Finalmente, en la gráfica se puede observar que el amperaje se mantiene desde el punto 2 al punto 3 hasta que el ventilador deja de funcionar.

Capítulo IV

Marco administrativo

Recursos

Para el desarrollo del proyecto de forma planificada y con el afán de cumplir a cabalidad las expectativas del mismo se plantean los siguientes recursos: Humanos, Tecnológicos, Materiales y de apoyo. También es necesario realizar el análisis de costo beneficio con el afán de analizar la viabilidad del proyecto.

Recursos humanos

Los recursos humanos presentes en el proyecto de “Proceso de diagnóstico mecánico y electrónico del sistema de inyección electrónica de motores de combustión”, se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 44

Recursos Humanos

| Recursos humanos | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Descripción | Función |
| Maisincho Guanoluisa Bryan Alejandro | Investigador |
| Masaquiza Masaquiza Luis Enrique | Investigador |
| Ing. Erazo Laverde Washington Germán | Director del proyecto |

Nota. En la tabla se muestra los colaboradores para el desarrollo del proyecto

Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos que se necesitaron para cumplir los objetivos del proyecto se detallan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 45*Recursos tecnológicos*

| Recursos tecnológicos | | |
|------------------------------|-----------------|---|
| Orden | Cantidad | Detalle |
| 1 | 3 | Computadora (Laptop) |
| 2 | 1 | Osciloscopio Hantek 1008C |
| 3 | 1 | Equipo de diagnóstico por imagen FADOS9F1 |
| 4 | 1 | Multímetro digital ALLOSUN EM135 |
| 5 | 1 | Pinza amperimétrica |
| 6 | 1 | Programa ALLDATA |

Nota. En la tabla se muestra los colaboradores para el desarrollo del proyecto

Recursos materiales

Para cumplir con todo lo referente a puesta a punto del motor y su correcto funcionamiento se utilizaron ciertos materiales los cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 46*Recursos materiales*

| Recursos tecnológicos | | |
|------------------------------|-----------------|----------------|
| Orden | Cantidad | Detalle |
| 1 | 3 | Relés |
| 2 | 4 | Bujías |
| 3 | 12 | Fusibles |

| Recursos tecnológicos | | |
|-----------------------|---|---------------------------------------|
| 4 | 4 | Cables de bujías |
| 5 | 1 | Bobina de encendido |
| 6 | 1 | Juego de herramientas |
| 7 | 1 | Juego de destornilladores |
| 9 | 1 | Cable |
| 10 | 1 | Cortadora de cable |
| 11 | 4 | Cables para osciloscopio |
| 12 | 4 | Agujas para medición |
| 13 | 4 | Cables con terminales para multímetro |

Nota. En la tabla se muestra la lista de materiales para poner en funcionamiento y toma de datos del motor.

Recursos financieros

El costo y detalle del proyecto se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 47

Costo total del proyecto

| Recursos tecnológicos | | | | |
|-----------------------|----------|--------------------------------|-------|-------|
| Orden | Cantidad | Detalle | Costo | Total |
| 1 | 1 | Motor de combustión de pruebas | 600 | 600 |
| 2 | 1 | Software de especificaciones | 300 | 300 |

| Recursos tecnológicos | | | | |
|------------------------------|---|---|-------|----------|
| 3 | 1 | Componentes eléctricos – electrónicos. ECU PROG. | 800 | 800 |
| 4 | 1 | Herramientas y equipos de medición | 200 | 200 |
| 5 | 1 | Movilidad | 100 | 100 |
| 6 | 1 | Conectores, arnés, lubricantes, baterías | 200 | 200 |
| 7 | 1 | Capacitación básica | 400 | 400 |
| | | | Total | 2600 usd |

Nota. En la tabla se muestra los valores totales del proyecto

Conclusiones

El oscilograma del cilindro se muestra como un enfoque diagnóstico altamente eficaz para identificar problemas de naturaleza mecánica en el interior del cilindro del motor. Esto se debe a su capacidad para identificar deficiencias en la compresión del cilindro, inadecuado sellado de las válvulas de admisión y escape, desajustes en la sincronización del sistema de distribución, así como la presencia de fugas de vacío en el cilindro. Mediante este método, se logró evaluar el estado del cilindro en el motor del Hyundai Scoupe 1995. Los resultados de la prueba de oscilograma indicaron que no se encontraron fallos en el cilindro y, además, confirmaron que la sincronización del motor se ejecutó de manera exitosa.

Uno de los métodos más ágiles y simples del diagnóstico mecánico automotriz para verificar el nivel de compresión efectuado por el motor se denomina prueba de compresión relativa. A través de la implementación de esta prueba, se pudo constatar que los cuatro cilindros del motor del Hyundai Scoupe 1995 presentan un estado óptimo de compresión en sus operaciones. Cabe recalcar que esta prueba no mide los valores de compresión del cilindro, sino que, a través del gráfico obtenido en el osciloscopio, se logra discernir cuáles de los cilindros pueden estar experimentando fallos.

Al conectar una sonda de encendido a cualquiera de los cuatro cables de las bujías, es posible obtener un oscilograma que muestra el incremento en el voltaje que fluye por estos cables. Este aumento de voltaje se lo puede comparar con el oscilograma de compresión relativa y de esta forma se puede saber cuál es el número de cilindro que está realizando el aumento de voltaje. Esta evaluación nos brinda la capacidad de determinar el número de cilindro a analizar en el oscilograma de compresión relativa cuando su ubicación es desconocida.

Utilizando el diagnóstico mediante la técnica de imagen de Lissajous, se logró verificar tanto el funcionamiento de los sensores y actuadores como la configuración y apariencia visual de sus

representaciones. Esto permitió identificar las características de resistencias convencionales, resistencias ajustables (potenciómetros) y bobinas, que están presentes en los componentes internos de los sensores y actuadores del motor del Hyundai Scoupe 1995.

En resumen, se llevó a cabo la puesta a punto del motor de combustión interna y sus principales sistemas con ayuda de información técnica, obtenida de softwares utilizados en la industria automotriz, tal como el software ALLDATA, además se utilizó equipos de verificación y control. Finalmente, para comprobar la puesta a punto se llevó a cabo la verificación de alineación de marcas de reglaje en la distribución y verificación de componentes eléctricos y mecánicos que integra cada sistema del motor con la información técnica antes mencionada.

Recomendaciones

Para una correcta comprobación de los componentes eléctricos y electrónicos del motor, se recomienda trabajar con el manual técnico del motor o con cualquier programa que brinde este tipo de información, de esta forma se podrá saber las mediciones exactas de sensores y actuadores, y realizar un diagnóstico electrónico satisfactorio.

Se debe tener precaución al momento de utilizar las agujas para la toma de datos. Ya que, al realizar este proceso de medición con el multímetro u osciloscopio, se puede afectar el cable o pines de sensores y actuadores, de esta forma se puede ocasionar un mal funcionamiento de sensores y actuadores y por ende, un mal funcionamiento del motor.

Para obtener una buena visualización de los oscilogramas tanto de sensores, como de actuadores, se debe tener en cuenta el ajuste y calibración del osciloscopio, caso contrario la visualización en pantalla será deficiente y no se podrá realizar un buen análisis.

Para la obtención de datos al momento de trabajar con la pinza amperimétrica, en primera instancia se debe revisar que esta esté encendida. Una vez realizada esta inspección se debe colocar la flecha de la pinza en el sentido a donde se dirige la corriente, caso contrario, el oscilograma que se obtenga en el osciloscopio se visualizará de forma invertida.

Es de gran importancia alinear bien y verificar las marcas de reglaje en la distribución del motor, ya que juega un papel crucial en la puesta a punto, por ende, afecta el funcionamiento del motor en términos de rendimiento.

Bibliografía

- Abarca, A., Mazon, B., & Haro, J. (2022). *Mantenimiento preventivo del sistema de alimentación de combustible del vehículo Chevrolet Grand Vitara SZ V6*. Digital Publisher.
- Alarcón, R. (14 de octubre de 2022). *Potenciómetro*. Obtenido de ingenierizando.com:
<https://www.ingenierizando.com/electronica/potenciometro/>
- Aleman, S. (s.f.). *Inyección electrónica de gasolina*. Escuelas iad.
- Amán, A., & Castelo, J. (2012). *Construcción e implementación de un tablero didáctico de un sistema de inyección electrónica MONOTRONIC Mp 9.0 de VOLKSWAGEN gol 1.8 modelo 2002 para la escuela de ingeniería automotriz*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Añazco, R. (12 de Julio de 2021). *Partes de una ECU* . Obtenido de Prezi:
<https://prezi.com/p/juamlytm9ldk/partes-de-una-ecu/>
- Arotoma, E. (2018). *Sistema de inyección electrónica a gasolina multipunto*. Universidad Nacional de Educación.
- Borja, R., & Salazar, F. (2007). *Estudio técnico y construcción de un sistema integrado de inyección y encendido electrónico sin distribuidor (DIS) de tecnología GMC*. Escuela Politécnica del Ejército.
- Bosch. (2010). *Sistemas de inyección electrónica*. Bosch.
- Bosch. (2014). *Sistemas de inyección de gasolina*. Bosh.
- Bosch. (29 de Junio de 2015). Inyección directa de gasolina desarrollada por Bosch [Video]. YouTube.
Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=wXNX7YhAAP8>
- Cabrera, R., & Cifuentes, V. (2009). *Adaptación de un sistema de inyección programable en un vehículo a carburador*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Carrión, W., & Ramírez, W. (2019). *"DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ, QUE PERMITA CARACTERIZAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE, EMPLEANDO LA SEÑAL DE LOS SENSORES DEL MOTOR EN LA RED CAN"*. Obtenido de DSpace ESPOCH: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11498/1/65T00303.pdf>
- Castro, S. (2013). *Manual de motores*. Universidad Politécnica del Valle de Toluca.
- Centeno, M. (2016). *Sistemas de inyección de gasolina*. Obtenido de DOCPLAYER: <https://docplayer.es/12152346-Sistemas-de-inyeccion-de-gasolina.html>
- Chontasi, L., & Vinlasaca, L. (2018). *Investigación del desempeño del motor J14F003885 al implementar un sistema de inyección de combustible modificado electrónicamente a través de software dedicado*. Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Claudio, I., & Ichina, K. (2022). *Análisis de constitución y procesos de reparación de ECUS automotrices de procedencia europea*. Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Clavón, T., & Lema, N. (2021). *Diseño y construcción de un banco de pruebas genérico para diagnóstico y reparación de módulos de control electrónico automotriz*. Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Codena, B., & Morales, A. (2022). *Implementación de un sistema de inyección electrónica gasolina SFI en el motor de combustión interna 4G13 Mitsubishi Lancer 1300cc para optimización de sus parámetros característicos*. Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Colado, N. (6 de Octubre de 2015). *El motor Otto de 4 tiempos [fotografía]*. Obtenido de slideshare.net: <https://es.slideshare.net/nicolascalado/el-motor-otto-de-4-tiempos>
- Diagnostools. (12 de Noviembre de 2020). *Diagnóstico estado de motor con osciloscopio [Video]*. YouTube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=xRFolgMF0VI>

Donado, A. (1 de mayo de 2022). *Conociendo los circuitos de procesamiento de datos de una ECU.*

Obtenido de Autosoporte: <https://autosoporte.com/conociendo-los-circuitos-de-procesamiento-de-datos-de-una-ecu/>

Ferrer, Á. (23 de Julio de 2021). *Inyección en motores de gasolina: todo lo que tienes que saber*

[fotografía]. Obtenido de autonoción: <https://www.autonocion.com/inyeccion-motores-gasolina/>

García, C. (14 de octubre de 2014). *Diagramas Eléctricos Automotrices.* Obtenido de

MOTORESYMAS.COM: <https://motoresymas.com/cont-tecnico/diagramas-electricos-automotrices/>

Gros, F., & Casals, J. (2019). *Introducción a los sensores.* Barcelona: Oberta UOC Publishing, SL.

Gutiérrez, A. (20 de septiembre de 2021). *Qué es y cómo funciona el sistema de admisión de aire.*

Obtenido de AUTOLAB: <https://autolab.mx/blog/sistema-de-admision-de-aire/>

Hidalgo, R. (2019). *Investigación del desempeño mecánico del motor de combustión interna del vehículo*

Mazda 929 al implementar un sistema de inyección secuencial reprogramable modulada con RACETEC R1000. Universidad de las Fuerzas Armadas.

INGENIERÍA Y MECANICA AUTOMOTRIZ. (30 de enero de 2020). *¿Qué es el conector DLC OBD II y cuál es*

su función? Obtenido de INGENIERIA Y MECANICA AUTOMOTRIZ:

<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-conector-dlc-obd-ii-y-cual-es-su-funcion/>

Laica, W. (2012). *Implementación de un banco de pruebas para la unidad de control electrónico de*

vehículos con sistemas de inyección electrónica para la Escuela de Ingeniería Automotriz .

Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.

- Laverde, C., & Panchi, D. (2007). *Diseño e implementación de un módulo de entretenimiento para inyección electrónica a gasolina del vehículo chevrolet vitara G1600 del laboratorio de motores*. Escuela Politécnica del ejército.
- López, D. (11 de Junio de 2021). *Bomba de gasolina: funcionamiento, precios, averías y comprobaciones [fotografía]*. Obtenido de actualidadmotor.com: <https://www.actualidadmotor.com/bomba-de-gasolina-electrica/>
- López, D. (7 de abril de 2021). *Sistemas de Inyección*. Obtenido de ActualidadMotor: <https://www.actualidadmotor.com/sistemas-de-inyeccion/>
- Martí, A. (1990). *Inyección electrónica en motores de gasolina*. marcombo.
- Mayné, J. (2003). *Sensores Acondicionadores y Procesadores de señal*. Obtenido de SILICA: http://arantxa.ii.uam.es/~gdrivera/robotica/h_datos/Sensores_Acond.pdf
- Molina, B. (2007). *Diseño y construcción de prototipos de inyección electrónica gasolina de acuerdo a señal base y tiempos de operación*. Escuela Politécnica del Ejército.
- Muquinche, A. (25 de enero de 2022). *Modelación y parametrización del trazado de figuras de Lissajous para el diagnóstico y reparación de módulos automotrices*. Obtenido de Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE: <https://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/35244/1/T-ESPEL-MAI-0796.pdf>
- Núñez, Á. (mayo de 2015). *"ELABORACIÓN DE UN MANUAL TÉCNICO PARA EL ANÁLISIS DE DIAGNÓSTICO ELECTRÓNICO DE VEHÍCULOS CON SISTEMA OBD-II PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL"*. Obtenido de Repositorio UTE: https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/20600/1/8402_1.pdf

- Ocaña, A. (2000). *TRATADO DEL AUTOMÓVIL LA TÉCNICA EN LOS SIGLOS XX-XXI*. Madrid: CIE Inversiones Editoriales.
- Palacios, C., & Rocha, H. (2022). *Diseño de un emulador de señales para realizar el ajuste y modificación de mapas tridimensionales de inyección y encendido de computadores programables automotrices*. Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Pallas, R. (2005). *Sensores y acondicionadores de señal*. MARCOMBO.
- Panchi, F., & Salazar, D. (2007). *Adaptación de un sistema de inyección electrónica de combustible multipunto MPFI en un vehículo LADA modelo 2104 fabricado en el año 1994*. Latacunga: Escuela Politécnica del Ejército.
- Pérez, E., & Roldan, A. (s.f.). *Sensores Inductivos*. Vigo: E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación de Vigo.
- Pillajo, S. (2023). *Diseño y construcción de un sistema de diagnóstico por transductor de presión y vibración electrónico first look para motores de combustión gasolina – diesel*. Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Quintanilla, F., & Rocha, J. (2008). *Diseño e implementación de un módulo de entrenamiento en los sistemas de alimentación y de encendido del vehículo Chevrolet Super Carry 1L. del laboratorio de motores Diesel - Gasolina*. Escuela Politécnica del Ejército.
- Quiroz, J., & Quiroz, L. (2005). *Diseño y construcción de un módulo de entrenamiento del sistema de inyección electrónica de gasolina del vehículo corsa wind*. Escuela Politécnica del Ejército.
- Ramírez, J. (2017). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INGRESO DE AIRE Y CONTROL DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE PARA VERIFICAR LA INCIDENCIA EN EL DESEMPEÑO MECÁNICO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE 200CC MONO CILÍNDRICO*. Obtenido de Repostorio

ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/13430/T-ESPEL-MAI-0601.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramirez, J., & Suarez, O. (1996). *Manual de sistemas de inyección electrónica de combustible para motores de combustión interna*. Obtenido de Tesis de Pregrado, CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE:

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/3259/T0001276.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rea, C., & Villacis, M. (2023). *Análisis de constitución y procesos de reparación de ECUs automotrices de procedencia japonesa*. Universidad de las Fuerzas Armadas.

Rodríguez, J. (2019). *Mecánica del Vehículo*. Editorial Síntesis.

Rodríguez, P. (2001). *INTRODUCCIÓN A LAS MEDICIONES ELECTRICAS*. Buenos Aires: Librería y Editorial ALSINA.

Rosero, M. (2014). *Implementación de un banco de pruebas automatizado para el diagnóstico del motor optra 1.8 del laboratorio de autotrónica*. Universidad de las Fuerzas Armadas.

Sanchez, J., & Taipe, R. (2018). *Investigación de los parámetros de funcionamiento del sistema de inyección de combustible de los vehículos Hyundai para desarrollar la construcción de un banco de pruebas de verificación de ECU'S*. Universidad de las Fuerzas Armadas.

Sandoval, A., & Villareal, A. (2017). *Investigación de la influencia del uso de software dedicado en la reprogramación en red para el mapeo de la ecu programable en el motor Peugeot 40*.

Departamento de ciencias de la Energía y la Mecánica .

Serravalle, J. (11 de Febrero de 2011). *Bloques de trabajo en una ECU automotriz*. Obtenido de cise:

<http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/327-bloques-de-trabajo-en-una-ecuautomotriz.html?tmpl=component&print=1>

Tinizaray, D. (2015). *Reprogramación electrónica del control de inyección y encendido del motor CBR 600 F4i, para el vehículo formula student*. Departamento de Energía y Mecánica.

Torres, J. (2017). *Computadoras Automotrices Arquitectura de la ECU*. Universidad Politécnica Salesiana.

Anexos