



Diagnóstico de motores de combustión interna a gasolina mediante el monitoreo electrónico a través del uso IoT-Blynk

Chela Manobanda, Jefferson Wladimir y Viracocha Salazar, Edwin Alexander

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

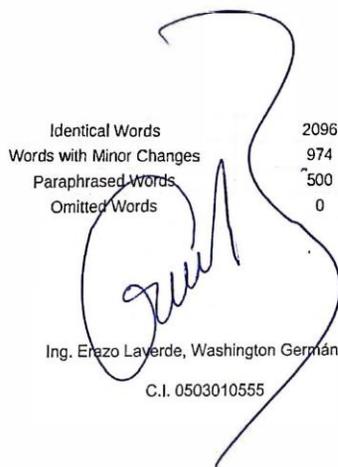
Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

Latacunga, 09 de agosto, 2022



2. TRABAJO DE TITULACIÓN_CHELA_VIRACOCCHA_ERAZ...
Scanned on: 8:12 August 11, 2022 UTC





Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: "Diagnóstico de motores de combustión interna a gasolina mediante el monitoreo electrónico a través del uso IoT-Blynk", fue realizado por los señores: Chela Manobanda, Jefferson Wladimir y Viracocha Salazar, Edwin Alexander, 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 analizado en su totalidad por la herramienta de previsión y/o verificación de similitud de contenido; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 10 de agosto de 2022

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

C.C.: 0503010555



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Chela Manobanda, Jefferson Wladimir** con cédula de ciudadanía n°1724076979 y **Viracocha Salazar, Edwin Alexander** con cédula de ciudadanía n°1754350831, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Diagnóstico de motores de combustión interna a gasolina mediante el monitoreo electrónico a través del uso IoT-Blynk** 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, 10 de agosto de 2022

Chela Manobanda, Jefferson Wladimir

C.C.: 1724076979

Viracocha Salazar, Edwin Alexander

C.C.: 1754350831



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros **Chela Manobanda, Jefferson Wladimir**, con cédula de ciudadanía n°1724076979 y **Viracocha Salazar, Edwin Alexander** con cédula de ciudadanía n°1754350831, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diagnóstico de motores de combustión interna a gasolina mediante el monitoreo electrónico a través del uso IoT-Blynk** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 10 de agosto de 2022

Chela Manobanda, Jefferson Wladimir

C.C.: 1724076979

Viracocha Salazar, Edwin Alexander

C.C.: 1754350831

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de investigación a Dios, por bendecirme con sabiduría, salud, fortaleza y por permitirle llegar a este momento tan importante de mi formación profesional. El presente trabajo es una muestra de agradecimiento a mis padres Carlos y Flor, pues ustedes son los artífices de este logro en mi vida, con su amor, comprensión, apoyo, paciencia y confianza nunca dudaron de mí y siempre supieron brindarme las palabras adecuadas para no dejarme caer, y seguir luchando hasta cosechar este gran objetivo que hace siete años empezamos juntos.

A mi hermano Andrés que siempre me brindo su apoyo, muchas veces hiciste el papel de padre y madre, nunca me dejaste solo y tus palabras de ánimo tampoco faltaron.

A mi hermana Dahily, tu inocencia hace que yo me supere día a día pues anhelo con todo el corazón que en un futuro no muy lejano llegues a ser una gran profesional.

Con todo mi amor para Daniela, tu apoyo a sido fundamental, este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome, ayudándome, brindándome palabras de aliento y tu amor incondicional, para poder conseguir tan anhelada meta.

A mi familia en general, porque de una u otra manera me supieron brindar su apoyo incondicional, jamás dudaron de mis capacidades, por compartir buenos y malos momentos junto a mí.

Chela Manobanda, Jefferson Wladimir

Dedicatoria

El presente proyecto de investigación en primer lugar se la dedico a mi Dios, gracias a él, conocí, aprendí y me fortaleció en las duras pruebas de la vida, acogiéndome de su mano y amor en todo momento.

A mi padre amado Remigio Viracocha, que me dio la oportunidad y la confianza de prepararme profesionalmente se la dedico con mucho cariño y amor, pese a las condiciones de salud él siempre me apoyo en todo, gracias de todo corazón por ser la persona correcta para dirigir mi camino.

A mi madre amada Laura Salazar, mi guiadora de todo camino, le dedico con mucho honor porque siempre tuvo la tutela de formarme como niño, adolescente, y ahora como profesional, gracias de todo corazón por ayudarme en todo momento por ser indispensable para mí en cada situación. Lo que engendraron a mí fue el amor, cariño, fuerza de voluntad y responsabilidad les agradezco un mundo por todo lo maravilloso que me enseñaron.

A mis hermanos Byron Viracocha, Lourdes Viracocha y Santiago Viracocha por ser mi mano derecha en todo lo que necesité, los consejos, las sonrisas, gracias por todo su apoyo incondicional. A mis sobrinos que son el alma y la esencia de mi vida, gracias a ellos que dieron vida a todo lo que pienso y las acciones que a diario realizo, los amo mucho. A mis cuñados, especialmente a Orlando Jácome por darme la confianza y estar conmigo en todo momento en las buenas y en las malas, se lo dedico con mucho cariño.

Quiero dedicarle a mi familia de amigos, especialmente para Andresito Jácome que desde el cielo nos guiará y apoyara en todo momento, gracias a ellos conocí lo que es la amistad y confianza, los quiero mucho.

Viracocha Salazar, Edwin Viracocha

Agradecimiento

A mis padres Carlos Vinicio Chela Ninabanda y Flor Esperanza Manobanda Punina por el apoyo incondicional por sus palabras de ánimo, por enseñarme valores éticos y morales para formarme como profesional. Su aliento a que no me dé por vencido, sus bendiciones y su confianza me llevaron a no rendirme a lo largo de mis estudios universitarios. Les agradezco por todo el apoyo brindado.

A mis hermanos Andrés Chela y Dahily Chela, gracias por demostrarme su cariño y amor, les agradezco por dar alegría.

Quiero agradecer a mi enamorada Daniela Inga, gracias por ayudarme a cosechar este logro, gracias por tu ayuda, por tus palabras de ánimo, gracias por confiar en mí, gracias por recordarme lo valioso que soy, gracias por tu amor

De manera especial quiero agradecer a mi compañero de tesis Edwin Viracocha, más que mi compañero eres mi amigo, gracias por todo el apoyo que me brindaste a lo largo de la carrera universitaria, gracias por brindarme una verdadera amistad.

A mis amigos y compañeros de la carrera de ingeniería automotriz que a lo largo de la vida universitaria de una u otra manera formaron parte de mi vida, compartiendo grandes momentos e inolvidables recuerdos.

Finalmente quiero agradecer al Ing. German Erazo, quien con su apoyo y conocimientos ha sabido ser el director de tesis idóneo para que este proyecto se lleve a cabo.

Chela Manobanda, Jefferson Wladimir

Agradecimiento

Un gigante agradecimiento a mis padres que son el pilar fundamental en esta etapa de mi vida, sin ellos nunca hubiera podido culminar mi carrera universitaria ni alcanzar las metas propuestas.

Un agradecimiento muy afectuoso a toda mi familia, por haberme dado el espacio, tiempo, consideración y apoyo moral para poder culminar una etapa de mi vida. Extendiendo también un agradecimiento muy especial para Nathaly Chamorro por su apoyo, comprensión y con su amor he podido culminar una etapa más en mi vida y espero que de la misma manera pueda finalizar su carrera universitaria y que se convierta en una gran profesional.

Finalmente quiero extender un grato agradecimiento al Ingeniero German Erazo, director del presente proyecto de investigación, por haberme brindado todos los conocimientos y parámetros para concluir el trabajo de titulación, además de la participación en la formación educativa del establecimiento.

Viracocha Salazar, Edwin Viracocha

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenido	10
Índice de figuras	23
Índice de tablas	28
Índice de ecuaciones.....	31
Resumen	32
Abstract.....	33
Capítulo I: Antecedentes Investigativos	34
Planteamiento del problema	36
Descripción resumida del proyecto.....	38
Justificación e importancia.....	41
Objetivos	41

<i>Objetivo general</i>	41
<i>Objetivos específicos</i>	42
Metas	42
Hipótesis	43
VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	43
<i>Variable independiente</i>	43
<i>Variable dependiente</i>	45
METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL PROYECTO	47
<i>Método documental bibliográfico</i>	47
<i>Método científico</i>	47
<i>Método inductivo</i>	48
<i>Método deductivo</i>	48
<i>Método experimental</i>	48
<i>Método de medición</i>	48
<i>Método de modelación</i>	48
<i>Método de matematización</i>	49
<i>Método comparativo</i>	49
Capítulo II: Fundamento Teórico	53
Internet de las cosas (IoT)	53
<i>Propiedades de una plataforma IoT</i>	54
<i>Base de datos</i>	54

<i>Procesamiento</i>	54
<i>Analítica</i>	54
<i>Visualización</i>	54
<i>Herramientas adicionales</i>	54
<i>Interfaces externas</i>	55
<i>Tecnología usada por IoT</i>	55
<i>Sensores y actuadores</i>	55
Autos más vendidos en el Ecuador	56
Inyección Electrónica de Combustible	57
<i>Unidad de Control Electrónica</i>	57
<i>Sensores</i>	57
<i>Actuadores</i>	58
Sensores Automotrices	58
<i>Sensor de posición del acelerador (TPS)</i>	58
<i>Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP)</i>	58
<i>Sensor de posición del cigüeñal (CKP)</i>	59
<i>Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)</i>	60
<i>Sensor de detonación (KS)</i>	61
<i>Sensor de presión barométrica (BARO)</i>	62
OBD-II	64
<i>Definición</i>	64

<i>Protocolo OBD-II</i>	65
<i>ISO 9141</i>	65
<i>SAE J1850</i>	65
<i>PWM</i>	65
<i>VPM</i>	66
<i>CAN</i>	66
<i>Conector OBD-II</i>	66
<i>Tipos de protocolos de comunicación</i>	67
<i>Ubicación del conector OBD-II</i>	69
<i>Modos de medición OBD-II</i>	69
<i>Modos 1 – Obtención de datos actualizados</i>	70
<i>Modo 2 – Obtención de datos almacenados</i>	70
<i>Modo 3 – Obtención de códigos de falla</i>	70
<i>Modo 4 – Borrado de códigos de falla y valores almacenados</i>	70
<i>Modo 5 – Resultado de las pruebas de los sensores de oxígeno</i>	70
<i>Modo 6 – Resultado de pruebas de otros sensores</i>	71
<i>Modo 7 – Códigos de falla pendientes</i>	71
<i>Modo 8 – Control de funcionamiento de componentes</i>	71
<i>Modo 9 – Información del automóvil</i>	71
<i>Datos de información del programa PID's</i>	72
<i>Conector OBD-II arduino</i>	73

<i>Compatibilidad</i>	74
<i>Disposición de cables de conexión</i>	75
<i>PID's de comunicación</i>	76
Variables ambientales	77
<i>Presión atmosférica</i>	77
Variables del motor	77
<i>Vacío del motor</i>	77
<i>Interpolación y extrapolación lineal</i>	80
<i>Temperatura del refrigerante</i>	80
<i>Señal del sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP)</i>	81
<i>Avance de encendido</i>	82
<i>Revoluciones por minuto</i>	82
<i>Posición del pedal del acelerador</i>	83
Arduino IDE	83
<i>Definición</i>	83
<i>Comunicación</i>	84
<i>Entorno arduino IDE</i>	85
<i>Monitor Serie</i>	86
<i>Características generales arduino IDE</i>	87
Microcontrolador ESP32 DEVKIT V1	87
<i>Definición</i>	87

<i>Especificaciones técnicas del módulo ESP32</i>	88
<i>Ventajas del módulo ESP32</i>	90
Matlab R2021b versión educativa	90
<i>Definición</i>	90
<i>Entorno</i>	91
<i>Workspace</i>	92
<i>Current folder</i>	92
<i>Editor</i>	92
<i>Comand Windows</i>	92
<i>Características de Matlab R2021b versión educativa</i>	92
<i>Criterios generales Matlab versión educativa</i>	93
<i>Requisitos del sistema para Matlab R2021b</i>	94
<i>Análisis gráfico por Matlab versión educativa</i>	94
Inteligencia artificial computacional	95
<i>Máquina de soporte vectorial (SVM)</i>	96
<i>Redes neuronales artificiales (ANN)</i>	96
<i>Clustering (agrupamiento)</i>	97
<i>K-means</i>	97
<i>K-nearet neighbors</i>	98
Estrategias de validación	99
<i>Leave one out croos validation (LOOCV)</i>	99

Visual Studio Code	100
<i>Definición</i>	100
<i>Entorno de Visual Studio Code</i>	101
Vacuómetro.....	103
<i>Manejo del vacuómetro</i>	104
<i>Funcionamiento</i>	104
<i>Condiciones de uso</i>	105
<i>Consideraciones del vacuómetro</i>	106
<i>Diagnostico por vacuómetro mediante tabla estandarizada</i>	107
Capítulo III: Diseño y Contrucción del módulo genérico de diagnóstico	110
Requerimientos generales de diseño para el monitoreo electrónico	110
<i>Desarrollo del proceso de diagnóstico</i>	111
Selección de componentes eléctricos-electrónicos.....	112
<i>ESP32 DEVKIT V1 30 Pines</i>	112
<i>Adaptador Freematics OBD-II UART (para arduino)</i>	112
<i>Cable de transferencia de datos USB micro b 2.0</i>	113
Selección de plataformas de programación	114
<i>Arduino IDE</i>	114
<i>Matlab R2021b versión educativa</i>	115
<i>Visual Basic Code</i>	115
Activación módulo OBDII.....	115

<i>Programación prueba 3000 RPM</i>	115
Elección de tiempo para el procedimiento de extracción de datos.....	116
Tipos de protocolo de comunicación compatibles.....	117
Diseño de programación.....	122
<i>Código de programación lectura de PID's requeridos</i>	122
Diseño eléctrico electrónico.....	125
<i>Diagrama eléctrico módulo de control electrónico – PID's</i>	126
<i>Diagrama de conexión del adaptador OBD-II UART V1</i>	127
<i>Diagrama de flujo de la conexión del módulo genérico</i>	128
Aplicación de vacío.....	129
<i>Relación sensor MAP vs comportamiento de la aguja (vacuómetro)</i>	132
<i>Consideraciones para el uso de tabla de diagnóstico según altitud</i>	134
<i>Interpolación lineal</i>	134
<i>Extrapolación lineal</i>	134
Tabla de diagnóstico según intervalos de altitud.....	134
<i>Intervalo 0-600 m.s.n.m</i>	135
<i>Intervalo 600-900 m.s.n.m</i>	135
<i>Intervalo 900-1200 m.s.n.m</i>	136
<i>Intervalo 1200-1500 m.s.n.m</i>	136
<i>Intervalo 1500-1800 m.s.n.m</i>	136
<i>Intervalo 1800-2100 m.s.n.m</i>	137

<i>Intervalo 2100-2400 m.s.n.m</i>	137
<i>Intervalo 2400-2850 m.s.n.m</i>	137
<i>Intervalo 2850-3150 m.s.n.m</i>	137
Extracción de datos de la ECU.....	138
Obtención de datos de las variables requeridas.....	140
<i>Preparación preliminar para la toma de datos.....</i>	140
<i>Consideraciones generales para la toma de datos.....</i>	140
<i>Chevrolet Aveo Activo 1.4L 4P STD.....</i>	140
<i>Chevrolet Aveo Activo 1.6L 5P STD.....</i>	141
<i>Chevrolet Beat LS AC 1.2 4P 4X2 TM.....</i>	143
<i>Chevrolet Emotion GLS AC 1.6 4P 4X2 TM</i>	144
<i>Chevrolet Family STD TM 1.5 4P 4X2.....</i>	145
<i>Chevrolet Sail LS AC 1.4 4P 4X2 TM</i>	146
<i>DFSK C37 AC 1.4 4P 4X2 TM.....</i>	147
<i>Great Wall Wingle AC 2.4 CD 4X2 TM</i>	149
<i>Hyundai Grand I10 HB 1.2 5P 4X2 TM.....</i>	150
<i>Hyundai I10 5DR 1.1 AC.....</i>	151
<i>Kia Picanto FL LX 1.1L 5P</i>	152
<i>Kia Rio LX AC 1.4 4P 4X2 TM.....</i>	153
<i>Kia Rio LX AC 1.6 4P 4X2 TM.....</i>	155
<i>Kia Sportage GL AC 2.0 5P 4X2 TM.....</i>	156

Entrenamiento del módulo genérico de diagnóstico	157
<i>Generar datos</i>	<i>157</i>
<i>Variables de diagnóstico</i>	<i>158</i>
<i>Ingreso de variables.....</i>	<i>159</i>
<i>Modelo matemático.....</i>	<i>160</i>
<i>Clasificación de datos</i>	<i>160</i>
<i>Enfoque de validación de datos</i>	<i>161</i>
<i>Interpretación de resultados.....</i>	<i>162</i>
<i>Generar diagnóstico.....</i>	<i>162</i>
Proceso de construcción del módulo genérico de diagnóstico	163
Diseño de la interfaz gráfica	165
<i>Appdesigner Matlab versión educativa</i>	<i>165</i>
<i>Producto final Appdesigner.....</i>	<i>169</i>
Aplicación Web – Blynk ESPEL	170
<i>Barra lateral de actividades.....</i>	<i>170</i>
<i>Ventana index.html.....</i>	<i>170</i>
<i>Ventana styles.css</i>	<i>172</i>
<i>Ventana index.js</i>	<i>173</i>
<i>Producto final de la aplicación web Blynk - Espel.....</i>	<i>175</i>
Proceso de funcionamiento y uso del módulo genérico de diagnóstico	176
Capítulo IV: Pruebas y Análisis d Resultados	177

Análisis de mediciones	177
Análisis de Datos	178
<i>Datos del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.4L</i>	178
<i>Datos del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.6L</i>	179
<i>Datos del vehículo Chevrolet BEAT 1.2L</i>	180
<i>Datos del vehículo Chevrolet AVEO EMOTION 1.6L.....</i>	182
<i>Datos del Chevrolet AVEO SAIL 1.4L.....</i>	183
<i>Datos del vehículo DFSK CITYVAN C37 1.4L.....</i>	184
<i>Datos de la Pick up Great Wall Wingle 2.4L</i>	186
<i>Datos del vehículo HYUNDAI GRAND i10 1.2L</i>	187
<i>Datos del vehículo HYUNDAI i10 1.1L.....</i>	188
<i>Datos del vehículo CHEVROLET AVEO FAMILY 1.5L.....</i>	189
<i>Datos del vehículo KIA RIO LX 1.4L.....</i>	191
<i>Datos del sensor MAP del vehículo KIA RIO LX 1.6L</i>	192
<i>Datos del vehículo KIA SPORTAGE GL 2.0L</i>	193
<i>Datos del vehículo KIA PICANTO FL 1.1L</i>	195
Análisis de diagnóstico mediante la utilización del módulo genérico	196
<i>Análisis de síntomas y comparativos con la tabla de diagnóstico.....</i>	196
<i>Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.4L.....</i>	196
<i>Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.6L.....</i>	198
<i>Diagnóstico del vehículo Chevrolet BEAT 1.2L.....</i>	199

<i>Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Emotion 1.6L</i>	200
<i>Diagnóstico del vehículo Chevrolet SAIL 1.4L</i>	202
<i>Diagnóstico del vehículo DFSK CITYVAN C37 1.4L.....</i>	203
<i>Diagnóstico de la PICK UP GREAT WALL WINGLE 2.4L</i>	204
<i>Diagnóstico del vehículo HYUNDAI GRAND i10 1.2L</i>	205
<i>Diagnóstico del vehículo HYUNDAI i10 1.1L.....</i>	207
<i>Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5L</i>	208
<i>Diagnóstico del vehículo KIA RIO LX 1.4L.....</i>	209
<i>Diagnóstico del vehículo KIA RIO LX 1.6L.....</i>	211
<i>Diagnóstico del vehículo KIA SPORTAGE 2.0L.....</i>	212
<i>Diagnóstico del vehículo KIA PICANTO FL 1.1L</i>	214
Pruebas de funcionamiento.....	215
Diagnóstico del motor del Vehículo Kia Sportage LX 2.0L.....	216
<i>Prueba a Marcha Mínima o Ralentí.....</i>	216
<i>Prueba de aceleración progresiva.....</i>	217
<i>Prueba de aceleración brusca</i>	218
<i>Reporte del estado del motor</i>	219
Diagnóstico del vehículo Hyundai Accent STD 1.6L	220
<i>Prueba a Marcha Mínima o Ralentí.....</i>	220
<i>Prueba de aceleración progresiva.....</i>	220
<i>Prueba de aceleración brusca</i>	221

<i>Reporte del estado del motor</i>	222
Diagnóstico del vehículo Kia Rio R LX 1.4L	223
<i>Prueba a Marcha Mínima o Ralentí</i>	223
<i>Prueba de aceleración progresiva</i>	224
<i>Prueba de aceleración brusca</i>	225
<i>Reporte del estado del motor</i>	225
Capítulo V: Marco administrativo	227
Recursos	227
<i>Recursos humanos</i>	227
<i>Recursos tecnológicos</i>	227
<i>Recursos materiales</i>	228
Presupuesto	229
<i>Costo total del proyecto de investigación</i>	229
<i>Financiamiento</i>	230
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones	231
Conclusiones	231
Recomendaciones	233
Bibliografía	234
Anexos	241

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Árbol de problemas</i>	37
Figura 2 <i>Componentes de un dispositivo inteligente</i>	53
Figura 3 <i>Conexión sensor - actuador</i>	55
Figura 4 <i>Período de vehículos más vendidos en el Ecuador 2021 - 2022</i>	56
Figura 5 <i>PID posición del acelerador (%)</i>	58
Figura 6 <i>PID presión absoluta del colector (kPa)</i>	59
Figura 7 <i>PID posición del cigüeñal (RPM)</i>	60
Figura 8 <i>PID temperatura refrigerante motor (°C)</i>	61
Figura 9 <i>PID avance de tiempo de encendido (°)</i>	61
Figura 10 <i>Crecimiento vs altitud (km)</i>	62
Figura 11 <i>PID presión barométrica (kPa)</i>	63
Figura 12 <i>Componentes del sistema OBD-II</i>	64
Figura 13 <i>Pines DLC OBD-II</i>	66
Figura 14 <i>Conector DLC OBD-II</i>	67
Figura 15 <i>Ubicación del DLC</i>	69
Figura 16 <i>Adaptador OBD-II UART V1 para arduino</i>	74
Figura 17 <i>Certificado OBD-II</i>	75
Figura 18 <i>Presión atmosférica a diferentes altitudes</i>	77
Figura 19 <i>Vacío en el motor de combustión interna</i>	78
Figura 20 <i>Vacuómetro automotriz</i>	78
Figura 21 <i>Puntos de interpolación y extrapolación lineal</i>	80
Figura 22 <i>Indicador de temperatura en el tablero del vehículo</i>	81
Figura 23 <i>Ubicación del sensor MAP</i>	81
Figura 24 <i>Ángulo de avance de ignición</i>	82

Figura 25 <i>Tacómetro en el tablero del vehículo</i>	83
Figura 26 <i>Sensor de posición del acelerador</i>	83
Figura 27 <i>Boceto de arduino IDE</i>	84
Figura 28 <i>Entorno de arduino IDE</i>	85
Figura 29 <i>Monitor serie de arduino IDE</i>	86
Figura 30 <i>Microcontrolador ESP32 DEVKIT V1 30 pines</i>	88
Figura 31 <i>Dimensiones del microcontrolador ESP32</i>	88
Figura 32 <i>Configuración de pines microcontrolador ESP32</i>	89
Figura 33 <i>Ventana principal de Matlab R2021b versión educativa</i>	90
Figura 34 <i>Entorno principal de Matlab R2021b educativo</i>	91
Figura 35 <i>Generación de gráficas en Matlab R2021b versión educativa</i>	91
Figura 36 <i>Análisis de zonas mediante Matlab versión educativa</i>	95
Figura 37 <i>Algoritmo SVM</i>	96
Figura 38 <i>Algoritmo red neuronal</i>	97
Figura 39 <i>Algoritmo KN</i>	98
Figura 40 <i>Algoritmo KNN</i>	99
Figura 41 <i>Validación de datos cruzada LOOCV</i>	100
Figura 42 <i>Top 10 de las plataformas de desarrollo más utilizadas</i>	101
Figura 43 <i>Entorno de VS Code</i>	102
Figura 44 <i>Acoples del instrumento de medida de vacío</i>	103
Figura 45 <i>Comportamiento de la aguja</i>	106
Figura 46 <i>Medición con el vacuómetro</i>	107
Figura 47 <i>Diagrama de flujo del proceso de diagnóstico</i>	111
Figura 48 <i>Diseño eléctrico electrónico del módulo genérico</i>	126
Figura 49 <i>Diagrama eléctrico módulo de control electrónico – PID's</i>	127
Figura 50 <i>Diagrama de conexión del módulo genérico de diagnóstico</i>	128

Figura 51 <i>Diagrama de flujo conexión OBD-II con ESP32</i>	129
Figura 52 <i>Toma de vacío del servofreno</i>	130
Figura 53 <i>Retirar las abrazaderas de sujeción</i>	130
Figura 54 <i>Selección de acoples de vacío</i>	131
Figura 55 <i>Comportamiento de la aguja del vacuómetro</i>	131
Figura 56 <i>Diagrama de flujo de extracción de datos de la ECU</i>	139
Figura 57 <i>Ingreso de base de datos</i>	158
Figura 58 <i>Código reconocimiento hoja de cálculo</i>	159
Figura 59 <i>Ingreso de variables y datos (PID's)</i>	159
Figura 60 <i>Nivel de certeza por aprendizaje automático y aprendizaje profundo</i>	161
Figura 61 <i>Nivel de certeza</i>	162
Figura 62 <i>Gestión de resultados del diagnóstico</i>	163
Figura 63 <i>Entorno de trabajo (Barra de menú)</i>	166
Figura 64 <i>Barra menú</i>	166
Figura 65 <i>Panel y grupo de botones</i>	167
Figura 66 <i>Grupo de pestañas</i>	167
Figura 67 <i>Panel de variables</i>	168
Figura 68 <i>Ejes de gráfica</i>	168
Figura 69 <i>Panel de variables en funcionamiento</i>	169
Figura 70 <i>Comportamiento de las gráficas en el plano</i>	169
Figura 71 <i>Barra lateral de actividades y funciones</i>	170
Figura 72 <i>Despliegue de datos</i>	175
Figura 73 <i>Aplicación web Blynk - Espel</i>	176
Figura 74 <i>Proceso de funcionamiento del módulo genérico de diagnóstico</i>	176
Figura 75 <i>Gráficas de RPM y MAP generada por Matlab R2021b versión educativa</i>	177
Figura 76 <i>Senro MAP y RPM del vehículo Chevrolet Aveo 1.4L</i>	179

Figura 77 <i>Senor MAP y RPM del vehículo Chevrolet Aveo 1.6L</i>	180
Figura 78 <i>Sensor MAP y RPM del vehículo Chevrolet BEAT 1.2L</i>	181
Figura 79 <i>Sensor MAP y RPM del vehículo Chevrolet AVEO EMOTION 1.6L</i>	183
Figura 80 <i>Sensor MAP y RPM del vehículo Chevrolet SAIL 1.4L</i>	184
Figura 81 <i>Sensor MAP y RPM del vehículo DFSK CITYVAN C37 1.4L</i>	185
Figura 82 <i>Sensor MAP y RPM de la Pick up Great Wall Wingle 2.4L</i>	186
Figura 83 <i>Sensor MAP y RPM del vehículo HYUNDAI GRAND i10 1.2L</i>	188
Figura 84 <i>Sensor MAP y RPM del vehículo HYUNDAI i10 1.1L</i>	189
Figura 85 <i>Sensor MAP y RPM del vehículo CHEVROLET AVEO FAMILY 1.5L</i>	190
Figura 86 <i>Sensor MAP y RPM del vehículo KIA RIO LX 1.4L</i>	191
Figura 87 <i>Sensor MAP Y RPM del vehículo KIA RIO LX 1.6L</i>	193
Figura 88 <i>Sensor MAP y RPM del vehículo KIA SPOTAGE GL 2.0L</i>	194
Figura 89 <i>Sensor MAP y RPM del vehículo KIA PICANTO 1.1L</i>	195
Figura 90 <i>Comportamiento del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.4L</i>	197
Figura 91 <i>Comportamiento del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.6L</i>	198
Figura 92 <i>Comportamiento del vehículo Chevrolet BEAT 1.2L</i>	199
Figura 93 <i>Comportamiento del vehículo Chevrolet Aveo Emotion 1.6L</i>	201
Figura 94 <i>Comportamiento del vehículo Chevrolet SAIL 1.4L</i>	202
Figura 95 <i>Comportamiento del vehículo DFSK CITYVAN C37 1.4L</i>	203
Figura 96 <i>Comportamiento de la PICK UP GREAT WALL WINGLE 2.4L</i>	205
Figura 97 <i>Comportamiento del vehículo HYUNDAI GRAND i10 1.2L</i>	206
Figura 98 <i>Comportamiento del vehículo HYUNDAI i10 1.1L</i>	207
Figura 99 <i>Comportamiento del vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5L</i>	209
Figura 100 <i>Comportamiento del vehículo KIA RIO LX 1.4L</i>	210
Figura 101 <i>Comportamiento del vehículo KIA RIO LX 1.6L</i>	212
Figura 102 <i>Comportamiento del vehículo KIA SPORTAGE 2.0L</i>	213

Figura 103 <i>Comportamiento del vehículo KIA PICANTO FL 1.1L</i>	214
Figura 104 <i>Entorno de la página web Blynk – Espel</i>	216
Figura 105 <i>Prueba a ralentí</i>	217
Figura 106 <i>Prueba de aceleración progreiva</i>	218
Figura 107 <i>Prueba de aceleración brusca</i>	219
Figura 108 <i>Diagnóstico del estado del motor</i>	219
Figura 109 <i>Prueba a ralentí</i>	220
Figura 110 <i>Prueba de aceleración progresiva</i>	221
Figura 111 <i>Prueba de aceleración brusca</i>	222
Figura 112 <i>Diagnóstico del estado del motor</i>	223
Figura 113 <i>Prueba a ralentí</i>	223
Figura 114 <i>Prueba de aceleración progresiva</i>	224
Figura 115 <i>Prueba de aceleración brusca</i>	225
Figura 116 <i>Diagnóstico del estado del motor</i>	226

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de la variable independiente.....	43
Tabla 2 Operacionalización de la variable dependiente.....	46
Tabla 3 Metodologías de investigación.....	49
Tabla 4 Tipos de protocolos de comunicación OBDII	67
Tabla 5 Pines de transferencia de datos - protocolo de comunicación	68
Tabla 6 Parámetros de información (PID's) primarios y secundarios.....	72
Tabla 7 PID's utilizados.....	73
Tabla 8 Configuración de sockets de conexión.....	76
Tabla 9 Características generales arduino IDE.....	87
Tabla 10 Características generales del microcontrolador ESP32 DEVKIT V1 30 Pines.....	88
Tabla 11 Criterios generales Matlab versión educativa	93
Tabla 12 Lista de requisitos del sistema para Matlab en su versión educativa.....	94
Tabla 13 Diagnóstico de motor M.C.I. a gasolina mediante vacuómetro	107
Tabla 14 Requerimientos necesarios del módulo genérico de diagnóstico.....	110
Tabla 15 Diferencias entre los modelos de adaptadores Freematics OBD-II.....	113
Tabla 16 Características del cable de transferencia de datos USB micro B 2.0	114
Tabla 17 Código de programación prueba de RPM.....	115
Tabla 18 Estimación de tiempos para el procedimiento de diagnóstico por vacío.....	116
Tabla 19 Protocolos de comunicación compatibles con el adaptador OBD-II.....	118
Tabla 20 Código de programación para la lectura de PID's.....	122
Tabla 21 Tabla de obtención de presión de vacío (inHg) vs presión de aire (kPa).....	132
Tabla 22 PID's Chevrolet Aveo Activo 1.4L.....	140
Tabla 23 PID's Chevrolet Aveo Activo 1.6L.....	142
Tabla 24 PID's Chevrolet Beat 1.2L.....	143

Tabla 25 <i>PID's Chevrolet Emotion 1.6L</i>	144
Tabla 26 <i>PID's Chevrolet Family 1.5L</i>	145
Tabla 27 <i>PID's Chevrolet Sail 1.4L</i>	146
Tabla 28 <i>PID's DFSK C37 1.4L</i>	148
Tabla 29 <i>PID's Great Wall Wingle 2.4L</i>	149
Tabla 30 <i>PID's Hyundai Grand I10 1.2L</i>	150
Tabla 31 <i>PID's Hyundai I10 1.1L</i>	151
Tabla 32 <i>PID's Kia Picanto 1.1L</i>	152
Tabla 33 <i>PID's Kia Rio 1.4L</i>	154
Tabla 34 <i>PID's Kia Rio 1.6L</i>	155
Tabla 35 <i>PID's Kia Sportage 2.0L</i>	156
Tabla 36 <i>Código generación de datos</i>	158
Tabla 37 <i>Código modelo matemático LEAVE-ONE-OUT CROSSVALIDATION</i>	160
Tabla 38 <i>Código clasificación de datos</i>	160
Tabla 39 <i>Proceso de construcción del módulo genérico de diagnóstico y del case</i>	163
Tabla 40 <i>Código de programación ventana index.htm</i>	171
Tabla 41 <i>Código de programación ventana styles.css</i>	172
Tabla 42 <i>Código de programación ventana index.js</i>	173
Tabla 43 <i>Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.4L</i>	197
Tabla 44 <i>Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.6L</i>	199
Tabla 45 <i>Diagnóstico del vehículo Chevrolet BEAT 1.2L</i>	200
Tabla 46 <i>Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Emotion 1.6L</i>	201
Tabla 47 <i>Diagnóstico del vehículo Chevrolet SAIL 1.4L</i>	203
Tabla 48 <i>Diagnóstico del vehículo DFSK CITYVAN C37 1.4L</i>	204
Tabla 49 <i>Diagnóstico de la PICK UP GREAT WALL WINGLE 2.4L</i>	205
Tabla 50 <i>Diagnóstico del vehículo HYUNDAI GRAND i10 1.2L</i>	207

Tabla 51 <i>Diagnóstico del vehículo HYUNDAI i10 1.1L</i>	208
Tabla 52 <i>Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5L</i>	209
Tabla 53 <i>Diagnóstico del vehículo KIA RIO LX 1.4L</i>	211
Tabla 54 <i>Diagnóstico del vehículo KIA RIO LX 1.6L</i>	212
Tabla 55 <i>Diagnóstico del vehículo KIA SPORTAGE 2.0L</i>	213
Tabla 56 <i>Diagnóstico del vehículo KIA PICANTO FL 1.1L</i>	215
Tabla 57 <i>Recursos humanos</i>	227
Tabla 58 <i>Recursos Tecnológicos</i>	228
Tabla 59 <i>Recursos materiales</i>	228
Tabla 60 <i>Recursos materiales</i>	229

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Valor del sensor MAP</i>	79
Ecuación 2 <i>Interpolación y extrapolación lineal</i>	80
Ecuación 3 <i>Valor de vacío según altitud</i>	135

Resumen

El proyecto de investigación consiste en el diseño y construcción de un módulo genérico que diagnostica motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica, mediante el monitoreo en tiempo real de los PID's extraídos de la unidad de control electrónica con despliegue de datos ingresados a un modelo matemático y validación de certeza mediante algoritmos de inteligencia artificial computacional, con el uso de un adaptador OBDII para arduino disponible en el mercado y un microcontrolador ESP32. Se recopiló información de fuentes confiables referentes a la funcionalidad de la tecnología IoT, uso del adaptador ODB-II UART V1 y manejo del microcontrolador ESP32 DEVKIT V1 30 pines para extraer los datos de las variables requeridas de los vehículos de prueba mediante el proceso de diagnóstico por vacío. De este modo, se crea una base de datos con los vehículos con más demanda en el campo automotor del país, que son compatibles con los protocolos de comunicación del adaptador OBD-II UART V1. Por consiguiente, se entrena el módulo genérico de diagnóstico mediante la clasificación de datos obtenidos, con la utilización del aprendizaje automático y validación cruzada, para optimizar el rendimiento del algoritmo utilizado. De manera que, se crea una interfaz gráfica para el despliegue de datos de los PID's con un sistema de comunicación enlazado a una página web Blynk-Espel adaptable para todo dispositivo móvil u ordenador y desarrollo de un conjunto de botones que cumplen una función específica, la cual es realizar el diagnóstico del vehículo de prueba, en consecuencia, se genera un reporte del estado del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica. Finalmente se realiza pruebas de validación de datos por medio de las tres pruebas, ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca, con resultados que son comparados con las tablas estandarizadas del diagnóstico por vacuómetro.

Palabras clave: Monitoreo electrónico, tecnología IoT, vacuómetro automotriz, PID's, inyección electrónica

Abstract

The research project consists of the design and construction of a generic module that diagnoses gasoline internal combustion engines with electronic injection, through real-time monitoring of the PID's extracted from the electronic control unit with the display of data entered into a model. mathematical and certainty validation through computational artificial intelligence algorithms, with the use of a commercially available OBDII adapter for arduino and an ESP32 microcontroller. Information was collected from reliable sources regarding the functionality of IoT technology, use of the ODB-II UART V1 adapter and management of the ESP32 DEVKIT V1 30-pin microcontroller to extract the data of the variables required from the test vehicles through the diagnostic process. by emptiness. In this way, a database is created with the most demanded vehicles in the country's automotive field, which are compatible with the communication protocols of the OBD-II UART V1 adapter. Therefore, the generic diagnostic module is trained by classifying the data obtained, using machine learning and cross-validation, to optimize the performance of the algorithm used. So, a graphical interface is created for the display of PID's data with a communication system linked to a Blynk-Espel web page adaptable to any mobile device or computer and the development of a set of buttons that fulfill a specific function, which is to perform the diagnosis of the test vehicle, consequently, a report of the state of the gasoline internal combustion engine with electronic injection is generated. Finally, data validation tests are carried out through the three tests, idling, progressive acceleration and sudden acceleration, with results that are compared with the standardized tables of the vacuum gauge diagnosis.

Keywords: electronic monitoring, IoT technology, vacuum gauge, PID's, electronic injection

Capítulo I

Marco metodológico de la investigación

Antecedentes investigativos

Cada vez son más los vehículos que se conectan al ecosistema del Internet de las cosas (IoT); puesto que, con el tiempo las tecnologías son más avanzadas lo que permite generar avances en la automatización de vehículos, o en la mejora de rutas y manejo de información a gran escala. La tecnología del Internet de las cosas (IoT) permite a los propietarios de flota alcanzar estándares muy altos de sostenibilidad y responsabilidad corporativa. (CarSync, 2021)

Según (Samaniego, 2018) indica que la introducción de la electrónica en los vehículos viene de la mano de los avances en desarrollo e investigación de las propias compañías o de los proveedores de componentes. Desde hace 10 años, el crecimiento de las necesidades está siendo exponencial. Esto significa acuerdos con empresas que están trabajando en inteligencia artificial computacional, telecomunicaciones, sistemas de navegación, etc. Y todo esto, además, requerirá un importante esfuerzo de los departamentos de desarrollo e investigación internos de las compañías del campo automotriz.

Según (Riosulense, 2019) manifiesta que de hoy en día, es posible conectar el vehículo a otros dispositivos, la premisa básica del internet de las cosas, sin embargo, uno de los principales impactos de esa conectividad es la cantidad de datos que pueden ser generadas en tiempo real. Debido a que en el campo automotriz tiene la oportunidad de aprovechar esas informaciones para hacer cambios revolucionarios en sus procesos y productos.

Para entender mejor los problemas y desafíos de un mundo más conectado (Rose et al., 2015) explica su punto de vista:

El internet de las cosas representa la convergencia de una variedad de tendencias en las áreas de la computación y la conectividad que se vienen dando desde hace mucho tiempo atrás . En la actualidad, una amplia gama de sectores de la industria, entre ellos el sector automotriz, la salud, la manufactura, la electrónica de consumo y para el hogar, están analizando el potencial de incorporar la tecnología de la IoT en sus productos, servicios y operaciones. (p. 15).

La sociedad muestra otro cambio constante a gran velocidad en la adquisición de dispositivos móviles como celulares por la incursión de la tecnología por sus beneficios y provechos (Villegas, 2015) manifiesta que la razón por la que aparecen las tecnologías móviles que van a configurar un nuevo paradigma social, cultural y educativo en la sociedad. Actualmente existen múltiples dispositivos que ofrecen diferentes aplicaciones y evolucionan con gran rapidez para adaptarse a las necesidades de los usuarios y también en el mercado, así, surgen todos los años nuevos dispositivos móviles o nuevas versiones de dispositivos ya existentes. El abaratamiento de los dispositivos, la reducción del tamaño de los mismos y el aumento de prestaciones favorecen la expansión del uso de los dispositivos móviles. (p. 10).

La aparición de un sistema de conexión y comunicación con la interacción de innumerables dispositivos y el uso de sus herramientas y características en el mundo (Ruiz, 2017) menciona que la actual revolución tecnológica pone al alcance del usuario herramientas, que unidas al creciente interés por el estado de sus vehículos, permiten realizar diagnóstico de averías y medidas de parámetros en tiempo real e in situ simple uso de un Smartphone, Tablet, Pc, etc. (p. 1).

Según (García & Cayón, 2019) nos indica que un vehículo promedio hoy en día tiene 70 sistemas informáticos incorporados, los cuales contienen aproximadamente 100 millones de líneas de programación, el doble que el sistema operativo de Windows Vista. Bajo esta premisa, no cabe duda de que un vehículo moderno, es a la vez un dispositivo digital con

bastante capacidad de computación, lo cual conlleva que se preste a casi todas las aplicaciones y utilidades que un ordenador convencional (Tablet o un móvil) pueda realizar. (p. 12).

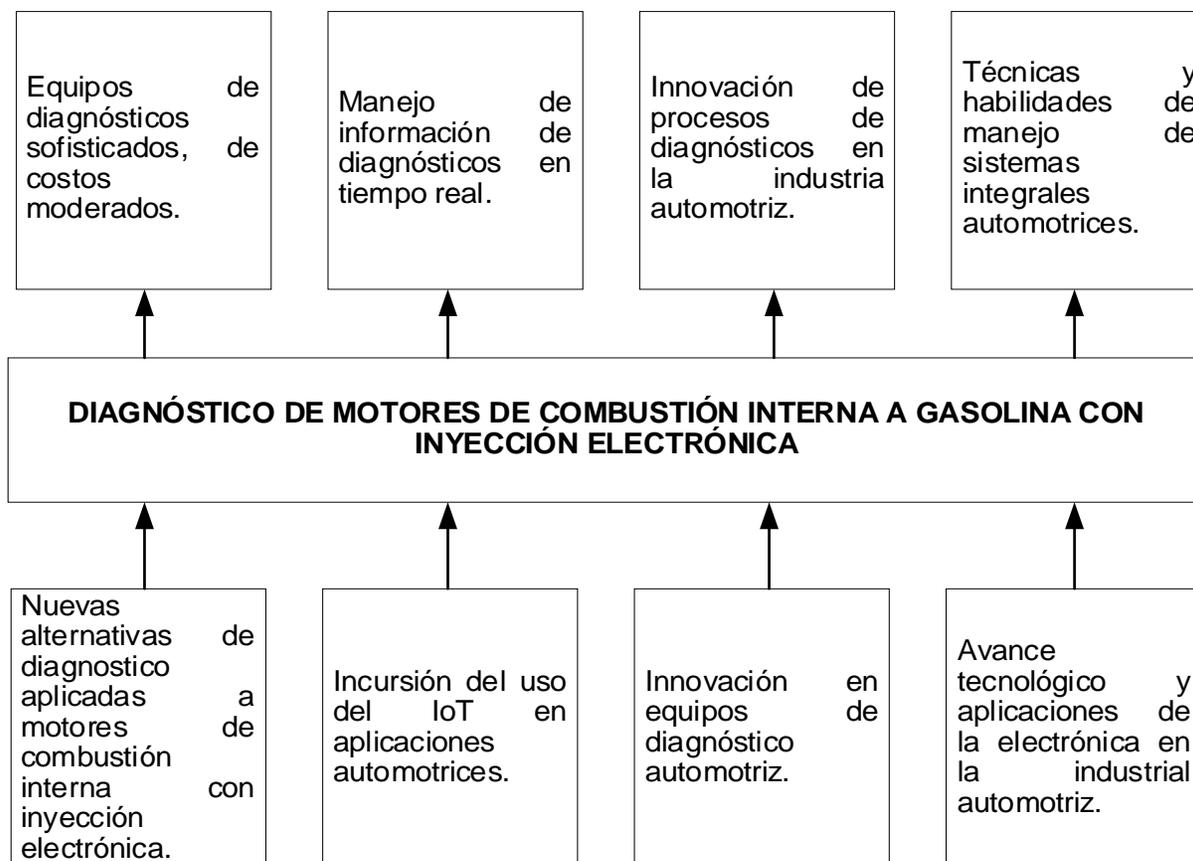
En el campo automotriz el internet de las cosas (IoT) se empezó a utilizar con la finalidad de optimizar y agilizar el mantenimiento de los vehículos. En los M.C.I a gasolina con inyección electrónica, vienen incluidos sensores que permiten medir y controlar la presión de combustible que va a ingresar al riel de inyectores, establecer la cantidad de mezcla aire y combustible que ingresarán a la cámara de combustión, así como la cantidad de aire que ingrese al múltiple de admisión. (Gaitán et al., 2018)

Según (Villegas, 2015) manifiesta que el afán de los usuarios de estar actualizados con los dispositivos móviles de vanguardia, hace que muchos de estos dispositivos sean descartables y reemplazables según van surgiendo nuevos dispositivos con mejores características además de opciones de reutilizar dispositivos móviles y darles utilidad para que mediante una aplicación móvil permitan realizar monitoreos, diagnóstico o a su vez desarrollar nuevas herramientas para el campo automotriz. (p. 10).

Según (Ruiz, 2017) indica en su proyecto fin de carrera que en la actualidad existe la posibilidad de crear aplicaciones software para dispositivos móviles inteligentes que funcionan gracias a sistemas operativos, tales como, iOS y android, entre otros. Estos dispositivos móviles pueden ser utilizados para realizar muchas actividades, de modo que incluyen una pantalla táctil que sirve tanto como interfaz como de teclado de control, que junto con los sistemas de conectividad (Wifi, bluetooth, 4G), almacenamiento y procesamiento. (p. 1).

Planteamiento del problema

El planteamiento del problema del presente proyecto de investigación se describe en el siguiente árbol de problemas como se observa en la figura 1.

Figura 1*Árbol de problemas*

Nota. En la figura 1 se observa el diagrama de árbol de problemas.

La industria automotriz ha ido evolucionando gracias al avance tecnológico además de la aplicación de la electrónica el cual ha ido desarrollando, creando e implementando nuevas alternativas y diversos métodos de diagnóstico aplicadas a motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica, uno de ellos es el uso de dispositivos móviles, el internet de las cosas (IoT) que son un sistema de comunicación y conexión inalámbrica que pueden ser integrados en sensores de lectura en el motor, esto con el fin de monitorear o diagnosticar las fallas que pudieran presentarse en el motor de una manera más rápida y oportuna, en otras palabras, estas aplicaciones en el área, facilitan la incursión de equipos de monitoreo avanzando para el desarrollo de diagnósticos automotrices.

Por lo contrario, la mayoría de los métodos que se usan para realizar las lecturas correspondientes de sensores o diagnóstico de motores en general se ven reflejados en aspectos de complejidad, además, requieren del manejo de una persona con los conocimientos necesarios en el área, sin embargo, existe una desventaja principal que es los equipos e instrumentos que se usan para extraer la información de la computadora central del automóvil que tienden a ser demasiado costosos. Esto permitirá tener equipos de diagnóstico sofisticados a costos moderados para manejar la información en tiempo real generando innovación de procesos de diagnóstico para obtener habilidades de manejo de sistemas integrales automotrices.

Por lo tanto, el problema a investigar es el diagnóstico de motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica mediante el monitoreo electrónico a través del uso del IoT.

Descripción resumida del proyecto

En el trabajo de graduación se desarrolló las siguientes actividades:

Se obtuvo información sobre la tecnología de comunicación IoT, módulo ESP32 DEVKIT V1, plataforma de programación Matlab versión educativa y arduino IDE, adaptador OBD-II UART V1 (para arduino), diagnóstico automotriz mediante vacuómetro, a partir de fuentes bibliográficas confiables.

Se seleccionó los elementos eléctricos y electrónicos para el desarrollo del módulo de monitoreo genérico y comunicación con la aplicación referente al proceso de obtención de datos de diagnóstico.

Se eligió el adaptador OBD-II UART V1 (Para arduino) y el microcontrolador ESP32 DEVKIT V1, cuya función será extraer los principales PID's (RPM, engine coolant temperature,

intake manifold absolute pressure, throttle position, ignition timing advance) necesarios para la presente investigación.

Se implementó el código de programación en la plataforma arduino IDE para la comunicación del adaptador OBD-II UART V1 y el microcontrolador ESP32 DEVKIT V1, el cual permite recibir mensajes de texto o enviar comandos para la obtención de datos mediante el monitor serie.

Se proceso una base de datos de los vehículos de muestra compatibles con los protocolos de comunicación del adaptador OBD-II UART V1.

Se definió un tiempo en base al procedimiento que se seguirá para realizar el diagnostico por vacío.

Se recopiló tomas de muestra de las tres pruebas establecidas en el proceso de diagnóstico por vacuómetro (ralentí, aceleración progresiva, aceleración brusca) para generar una base de datos a través de una hoja de cálculo.

Se clasificó la información obtenida de la base de datos para generar gráficas (tiempo vs RPM vs intake manifold absolute pressure) a través de una hoja de cálculo de los vehículos compatibles con los protocolos de comunicación del adaptador OBD-II UART V1.

Se procedió a realizar un análisis de las gráficas generadas en la hoja de cálculo y del comportamiento de la aguja del vacuómetro con la finalidad de realizar un diagnóstico optimo a cada una de los vehículos compatibles con los protocolos de comunicación del adaptador OBD-II UART V1.

Se utilizó la plataforma de programación y cálculo matemático Matlab versión educativa para automatizar los procesos de leer, cargar, generar y clasificar los datos del diagnóstico por vacío.

Se incorporó la tabulación total de vehículos diagnosticados mediante el análisis gráfico, con el fin de ingresar toda la información a la plataforma de programación y cálculo Matlab versión educativa.

Se entrenó al módulo de monitoreo genérico mediante el diagnóstico correspondiente de cada vehículo, compatibles con los protocolos de comunicación del adaptador OBD-II UART V1 mediante la validación cruzada Leave-One-Out (LOOCV) de Matlab versión educativa.

Se evaluó el rendimiento de la base de datos mediante los resultados generados por el Leave-One-Out (LOOCV) de Matlab versión educativa con la finalidad de tener un indicador porcentual de certeza para las tres pruebas establecidas en el proceso de diagnóstico por vacío.

Se diseñó una aplicación (Appdesigner) en Matlab versión educativa para obtener una visualización previa de los resultados obtenidos por medio de un reporte del estado del motor a combustión interna a gasolina con inyección electrónica.

Se levantó un servidor para el diseño y creación de una aplicación web Blynk de diagnóstico adaptable para cualquier dispositivo móvil u ordenador.

Se construyó el módulo de monitoreo genérico para la comunicación de los sensores de lectura del vehículo (RPM, Engine coolant Temperature, Intake manifold absolute pressure, Throttle position, Ignition timing advance) con el servidor, de tal manera diagnostique de forma automática el estado del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica por medio de un reporte en cuestión de segundos.

Se realizó pruebas y validación de datos para determinar el diagnóstico del estado de motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica mediante un reporte.

Justificación e importancia

Se han ido desarrollando nuevas alternativas y métodos de diagnóstico aplicadas a motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica, es decir que alrededor del avance tecnológico y aplicaciones de la electrónica en la industria automotriz, han ido creciendo en aspecto de portabilidad y accesibilidad.

De igual importancia, el proceso de diagnóstico actualmente tiene la capacidad de analizar en cuestión de segundos los códigos de fallas e información del problema del automóvil más rápido y eficiente, sobrepasando la eficacia del técnico y del conocimiento empírico encontrado alrededor del campo automotriz, pero en un valor más alto.

Una gran alternativa para el campo automotriz relacionado al diagnóstico de motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica es el aprovechamiento de plataformas de programación o tecnología IoT que son de libre acceso, además el uso de microcontroladores de bajo costo que usan métodos de aprendizaje automáticos, como por ejemplo la conexión entre la unidad de control electrónico del vehículo con el usuario, de tal manera que monitorea electrónicamente sensores y actuadores en tiempo real el cual proporciona estados o reportes de los componentes externos e internos del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica en cuestión de segundos.

Objetivos

Objetivo general

Diagnosticar motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica mediante el monitoreo en tiempo real a través del uso IoT – Blynk Espel, para notificar el estado del M.C.I en el dispositivo móvil u ordenador.

Objetivos específicos

Obtener información sobre la tecnología de comunicación IoT, ESP32 DEVKIT V1, plataforma de programación Matlab versión educativa y arduino IDE, adaptador OBD-II UART V1 (para arduino), diagnóstico automotriz mediante vacuómetro, a partir de fuentes bibliográficas confiables.

Seleccionar los elementos eléctricos y electrónicos para el desarrollo de la aplicación referente al proceso de obtención de datos de diagnóstico.

Utilizar plataformas de programación arduino IDE, aplicación web y Matlab versión educativa para el diseño de la interfaz gráfica del módulo genérico de diagnóstico.

Construir un módulo genérico de diagnóstico para motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica.

Realizar pruebas y validación de datos para determinar el diagnóstico del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica mediante una notificación de su estado.

Metas

Recopilar información sobre los protocolos de comunicación compatibles con el adaptador OBD-II UART V1 y los puertos seriales del microcontrolador ESP32 DEVKIT V1.

Realizar una base de datos de los PID's (RPM, engine coolant temperature, intake manifold absolute pressure, throttle position, ignition timing advance) extraídos de los vehículos compatibles con el adaptador OBD-II UART V1 mediante la recepción de datos del monitor serie de la plataforma de programación arduino IDE.

Analizar los datos extraídos de los PID's con interpretación de gráficas mediante el uso de tablas estandarizadas, para el diagnóstico por vacío.

Seleccionar el método de enfoque de validación de datos con una certeza aproximada al 100% a través de la plataforma de programación y cálculo numérico Matlab versión educativa.

Obtener un módulo genérico de diagnóstico con comunicación en tiempo real a través de la tecnología IoT.

Diseñar una aplicación web adaptable a cualquier dispositivo móvil u ordenador, con todos los requerimientos necesarios.

Hipótesis

¿Es posible optimizar el diagnóstico automotriz mediante la implementación de la tecnología de comunicación IoT?

Variables de investigación

Para el proyecto de investigación “Diagnóstico de motores de combustión interna a gasolina mediante el monitoreo electrónico a través del uso IoT - Blynk” se aplicará las variables como son: variables dependientes y variables independientes.

Variable independiente

Diagnóstico de motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica.

Tabla 1

Operacionalización de la variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	ítem	Técnicas	Instrumentos
	Motor en buenas condiciones	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas

Concepto	Categoría	Indicadores	ítem	Técnicas	Instrumentos
El diagnóstico del motor es un procedimiento que se realiza para identificar cuáles pueden ser las posibles áreas que no están funcionando	Aros, pistones o cilindros desgastados	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Válvulas que se pegan o resorte de válvula roto.	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Guías de válvulas de admisión desgastadas, fugas en la culata	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Válvula quemada o parcialmente abierta	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Baja compresión. Distribución fuera de punto, fugas de vacío	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Mala puesta a punto del encendido.	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Holgura de bujías demasiado pequeñas o platinos no bien ajustados.	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Fugas de compresión entre cilindros.	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Fugas en múltiple de admisión	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas

Concepto	Categoría	Indicadores	ítem	Técnicas	Instrumentos
adecuadamente	Ralentí irregular.				
en el motor	Mangueras de vacío sueltas o rotas, filtro del aire o de combustible están obstruidos	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Resortes de válvulas débiles.	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Obstrucción en el escape, pérdida de potencia motor	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Guías desgastadas o resortes de válvulas débiles	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Válvulas quemadas, bajo rendimiento motor	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Confirma desgastes en aros, cilindros, etc.	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Silenciador o catalizador bloqueado.	Presión de Vacío	in Hg	Experimentación	Protocolo de pruebas

Nota. En la tabla se describe la variable independiente, misma que permite conocer la categoría, indicadores, ítem, técnicas e instrumentos.

Variable dependiente

Monitoreo electrónico a través del uso IoT y plataformas de programación.

Tabla 2*Operacionalización de la variable dependiente*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
IoT es la interconexión de una variedad de objetos que pueden ser reconocibles, localizables y legibles mediante un modelo de solución conectado a internet, para después ser utilizados de forma estratégica.	ZigBee	Frecuencia	GHz	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Alcance	m	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Velocidad de transferencia	kbps	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Wifi	Frecuencia	GHz	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Alcance	m	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Velocidad de transferencia	kbps	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Red de telefonía móvil	Frecuencia	GHz	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Alcance	m	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Velocidad de transferencia	kbps	Experimentación	Protocolo de pruebas
Es un programa que crea un entorno para crear otros programas a través de un lenguaje específico y de cálculo numérico	Hardware	Disco	GB	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Memoria RAM	GB	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Rango de Frecuencia	MHz	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Tarjeta gráfica	GB	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Puerto serie	-	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Procesador	-	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Software	TX Power	dBm	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Rx Sensitivity	dBm	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Velocidad de transferencia	kbps	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Voltaje de trabajo	V	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Tiempo de transmisión de datos	ms	Experimentación	Protocolo de pruebas

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Los PID OBD-II (ID de parámetros de diagnóstico a bordo) son códigos que se utilizan para solicitar datos de un vehículo, que se utilizan como herramienta de diagnóstico.	Datos de entrada	Velocidad de reloj	Mhz	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Revoluciones por minuto	RPM	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Temperatura del anticongelante	°C	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Presión absoluta del colector de admisión	kPa	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Posición del acelerador	%	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Avance de tiempo de encendido	°	Experimentación	Protocolo de pruebas

Nota. En la tabla se describe la variable dependiente, misma que permite conocer la categoría, indicadores, ítem, técnicas e instrumentos.

Metodología de desarrollo del proyecto

Método documental bibliográfico

La investigación documental bibliográfica permitió obtener, seleccionar, compilar, organizar, interpretar y analizar información sobre nuestro objeto de estudio que se refiere al módulo de monitoreo genérico de diagnóstico, la tecnología de comunicación IoT, microcontrolador ESP32 DEVKIT V1, adaptador OBD-II UART V para arduino, plataforma de programación - cálculo numérico versión educativa y diagnóstico automotriz mediante vacuómetro a partir de fuentes documentales de credibilidad, tales como libros, documentos de archivo, registros audiovisuales, tesis, artículos científicos, entre otros.

Método científico

Este método se utilizó para diagnosticar M.C.I con inyección electrónica utilizando la Tecnología IoT y la aplicación web Blynk Espel adaptable para todo dispositivo móvil u ordenador, el cual proporcionó datos en tiempo real mediante el módulo de monitoreo genérico de diagnóstico y los documentos científicos consultados al inicio de la investigación, además de

la selección de compatibilidad de vehículos con el adaptador OBD-II UART V1 en protocolos de comunicación y la manipulación del indicador de depresión (vacuómetro).

Método inductivo

Con este método se permitió establecer bajo los parámetros de experimentación y observación, los valores extraídos de las variables requeridas PID's, para notificar un reporte del estado del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica mediante el módulo de monitoreo genérico de diagnóstico.

Método deductivo

El método deductivo permitió generar una conclusión concreta sobre el módulo de monitoreo genérico de diagnóstico teniendo como referencia los valores de depresión (inHg) que permitan realizar el diagnóstico en tiempo real del estado del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica.

Método experimental

Mediante este método se realizó pruebas sobre la obtención de los datos mediante el módulo de monitoreo genérico de diagnóstico a través de la tecnología IoT y aplicación web Blynk Espel, con el fin de reportar el estado del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica.

Método de medición

Método por el cual se realizó lecturas y tomas de datos del instrumento de medida vacuómetro, de manera que se establezca una relación directamente proporcional de datos del sensor MAP y el comportamiento de la aguja del vacuómetro.

Método de modelación

Este método se utilizó para determinar el modelo matemático que se incorporará a la plataforma de programación y cálculo numérico Matlab versión educativa para el entrenamiento

del módulo genérico de diagnóstico, por consiguiente, la creación de la aplicación web Blynk Espel.

Método de matematización

Este método se utilizó para interpolar y extrapolar valores generados por la muestra de vehículos compatibles con el adaptador OBD-II UART V1, para desarrollar una tabla de diagnóstico de vacío con las diferentes condiciones de altitud.

Método comparativo

Con la aplicación del método comparativo en la presente investigación, permitió establecer una comparación entre los datos extraídos de la unidad de control electrónica con los valores del instrumento de medida vacuómetro, son transmitidos por medio de la comunicación del dispositivo móvil inteligente u ordenador y el módulo de monitoreo genérico de diagnóstico, de esta forma reportar en una notificación el diagnóstico del MCI con inyección electrónica en tiempo real.

Tabla 3

Metodologías de investigación

Metodología	Descripción	Equipo	Instalaciones
Método documental bibliográfico	La investigación documental bibliográfica permitió obtener, seleccionar, compilar, organizar, interpretar y analizar información sobre nuestro objeto de estudio que se refiere al módulo de monitoreo genérico de diagnóstico, la tecnología de comunicación IoT, microcontrolador ESP32 DEVKIT V1, adaptador OBD-II UART V para arduino, plataforma de programación - cálculo numérico versión educativa y diagnóstico automotriz mediante vacuómetro a partir de fuentes documentales de credibilidad, tales como libros, documentos de archivo, registros audiovisuales, tesis, artículos científicos, entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • Libros • sitios web • artículos • tesis. 	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca

Metodología	Descripción	Equipo	Instalaciones
Método científico	Este método se utilizó para diagnosticar M.C.I con inyección electrónica utilizando la Tecnología IoT y la aplicación web Blynk Espel adaptable para todo dispositivo móvil u ordenador, el cual proporcionó datos en tiempo real mediante el módulo de monitoreo genérico de diagnóstico y los documentos científicos consultados al inicio de la investigación, además de la selección de compatibilidad de vehículos con el adaptador OBD-II UART V1 en protocolos de comunicación y la manipulación del indicador de depresión (vacuómetro).	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • aplicación web Blynk • vacuómetro • módulo de monitoreo genérico de diagnóstico • dispositivo móvil u ordenador • paquete office. 	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca
Método inductivo	Con este método se permitió establecer bajo los parámetros de experimentación y observación, los valores extraídos de las variables requeridas PID's, para notificar un reporte del estado del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica mediante el módulo de monitoreo genérico de diagnóstico.	<ul style="list-style-type: none"> • Protocolo de pruebas • módulo de monitoreo genérico de diagnóstico. 	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca
Método deductivo	El método deductivo permitió generar una conclusión concreta sobre el módulo de monitoreo genérico de diagnóstico teniendo como referencia los valores de depresión (inHg) que permitan realizar el diagnóstico en tiempo real del estado del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo móvil u ordenador • aplicación web Blynk • módulo de monitoreo genérico de diagnóstico • vacuómetro. 	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca
Método experimental	Mediante este método se realizó pruebas sobre la obtención de los datos mediante el módulo de monitoreo genérico de diagnóstico a través de la tecnología IoT y aplicación web Blynk Espel, con el fin de reportar el estado del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> • vacuómetro • módulo de monitoreo genérico de diagnóstico • dispositivo móvil u ordenador • motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica. 	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca

Metodología	Descripción	Equipo	Instalaciones
Método comparativo	Con la aplicación del método comparativo en la presente investigación, permitió establecer una comparación entre los datos extraídos de la unidad de control electrónica con los valores del instrumento de medida vacuómetro, son transmitidos por medio de la comunicación del dispositivo móvil inteligente u ordenador y el módulo de monitoreo genérico de diagnóstico, de esta forma reportar en una notificación el diagnóstico del MCI con inyección electrónica en tiempo real.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • aplicación web Blynk • vacuómetro • módulo de monitoreo genérico de diagnóstico • dispositivo móvil u ordenador motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica • paquete office. 	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca
Método de medición	Método por el cual se realizó lecturas y tomas de datos del instrumento de medida vacuómetro, de manera que se establezca una relación directamente proporcional de datos del sensor MAP y el comportamiento de la aguja del vacuómetro.	<ul style="list-style-type: none"> • Protocolo de pruebas • Computador • Aplicación web Blynk • vacuómetro • módulo de monitoreo genérico • dispositivo móvil u ordenador motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica 	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca
Método de matematización	Este método se utilizó para interpolar y extrapolar valores generados por la muestra de vehículos compatibles con el adaptador OBD-II UART V1, para desarrollar una tabla de diagnóstico de vacío con las diferentes condiciones de altitud.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • módulo de monitoreo genérico • plataforma de programación y cálculo numérico. 	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca

Metodología	Descripción	Equipo	Instalaciones
Método de modelación	Este método se utilizó para determinar el modelo matemático que se incorporará a la plataforma de programación y cálculo numérico Matlab versión educativa para el entrenamiento del módulo genérico de diagnóstico, por consiguiente, la creación de la aplicación web Blynk Espel.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • módulo de monitoreo genérico plataforma de programación y cálculo numérico • aplicación web Blynk. 	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca

Nota. En la tabla 3 se describe cada una de las metodologías que se van a emplear en la investigación.

Capítulo II

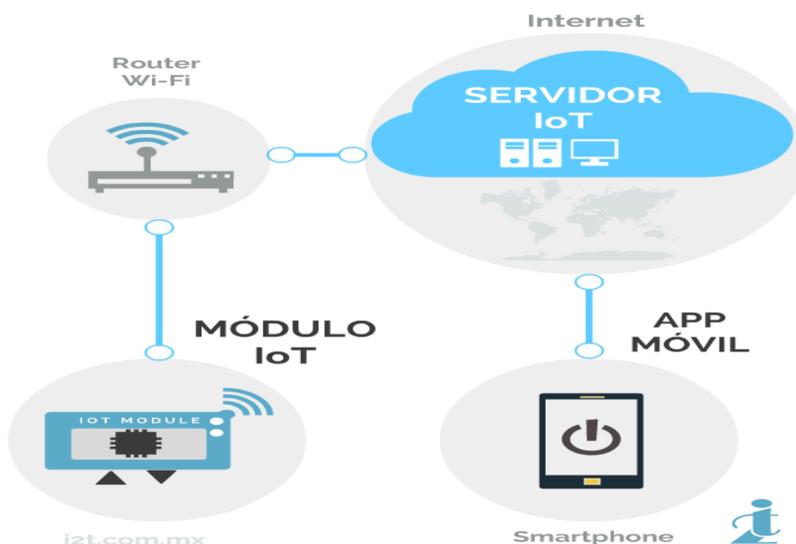
Fundamento Teórico

Internet de las cosas (IoT)

La definición de Internet de las cosas puede ser la agrupación e interconexión de dispositivos y objetos a través de una red (red privada o Internet, red de red), donde todos estos dispositivos y objetos son visibles y pueden interactuar. En cuanto al tipo de objetos o equipos, pueden ser cualquiera, desde sensores y dispositivos mecánicos hasta objetos cotidianos. (Jaramillo, 2021)

Figura 2

Componentes de un dispositivo inteligente



Nota. Estructura de conexión del IoT. Tomado de (Inteligente, 2019).

Además, (Rose et al., 2015) establece que los escenarios en los que la conectividad de red y la capacidad de cómputo se extienden a objetos, sensores y artículos de uso diario que habitualmente no se consideran computadoras, permitiendo que estos dispositivos generen, intercambian y consuman datos con una mínima intervención humana.

Propiedades de una plataforma IoT

Según (Cárdenas, 2016) indica que las siguientes propiedades son indispensables para una plataforma IoT, las cuales se detallan a continuación:

Conectividad. A través de diferentes formatos de datos y protocolos en una interfaz de software asegura una correcta transmisión de información y una correcta interacción con el hardware.

Manejo de dispositivos. Confirma que todos los dispositivos conectados funcionen adecuadamente.

Base de datos

Almacena los datos de los dispositivos de manera escalable en la nube a un nivel más alto en términos de velocidad, variedad, veracidad y variedad.

Procesamiento

Contribuye con datos basados en reglas de actuación que permiten ejecutar las acciones inteligentes basándose en información obtenida del hardware.

Analítica

Realiza un análisis para la agrupación de datos básicos y aprendizaje automático.

Visualización

Muestra la información a través de gráficos, para fácil entendimiento y visualización del humano.

Herramientas adicionales

Las plataformas IoT por lo general cuentan con herramientas que permiten a los usuarios desarrollar prototipos, gestionar, visualizar, probar y controlar hardware conectado.

Interfaces externas

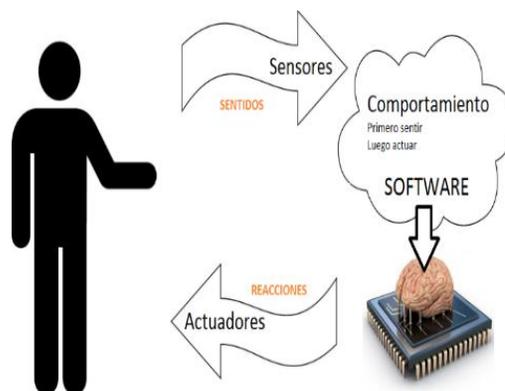
Son incorporados con los sistemas conocidos como de tercera parte y el resto de los ecosistemas del ancho de TI a través de interfaces de programas de aplicación API, de kits de software SDK y puertas de enlace.

Tecnología usada por IoT

En la siguiente figura 3, se puede observar cómo es el comportamiento de una tarjeta microcontrolador con aprendizaje automático en relación a los sentidos y a las reacciones.

Figura 3

Conexión sensor - actuador



Nota. Sistema de conexión sensores y actuadores. Tomado de (Blogspot, 2013).

Sensores y actuadores

Según (Gaitan et al., 2018) manifiesta que el mundo digital depende de las fuentes de información, que pueden ser ingresadas directamente por las personas o a través de los sensores que traducen datos de un fenómeno ya sea mecánico, óptico o químico como combustión, temperatura, presión, velocidad, etc. en señales eléctricas, que pueden ser traducidas y almacenadas de manera digital. En un automóvil, los sensores son componentes que proveen las entradas que permiten a la computadora realizar las operaciones que hacen que el vehículo opere correctamente. Mediante los sensores es posible obtener métricas de algún problema o falla y registrarlos para poder tomar una acción.

Autos más vendidos en el Ecuador

Para la presente investigación se usó muestra de vehículos más demandados en el Ecuador como se puede observar en la figura 4.

Figura 4

Período de vehículos más vendidos en el Ecuador 2021 - 2022



Nota. Datos estadísticos. Tomado de (Negocios, 2021).

Según (Negocios, 2021) indica que, de acuerdo al boletín de ventas de vehículos de AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador) el período actual enero a julio 2021 alcanzó una venta total de 65 640 unidades de vehículos, el primer lugar de la unidad más vendida es Chevrolet, le sigue KIA y Hyundai con el 16% y 7% del total de unidades vendidas respectivamente. Entre tanto las 10 principales marcas del listado representan el 74% del total de unidades vendidas.

1. **Chevrolet:** 14 396
2. **KIA:** 10 223
3. **Hyundai:** 4 284
4. **Toyota:** 3 297
5. **Great Wall:** 2 994
6. **JAC:** 2 961

7. **Chery:** 2 875
8. **Renault:** 2 700
9. **Nissan:** 2 515
10. **Volkswagen:** 2 003

Inyección Electrónica de Combustible

Según (Perera, 1990) menciona que los sistemas de inyección de gasolina pretenden conseguir una dosificación del combustible lo más ajustada posible a las condiciones de revoluciones y estado del motor. Todos los sistemas actuales efectúan la inyección del combustible en la cámara de combustión; mediante unos inyectores de mando eléctrico que en su apertura presentan siempre la misma sección de paso y, gracias a la forma del agujero de salida, pulverizan finamente el combustible, creando una buena emulsión con el aire. (p.4)

Según (Martínez & Robles, 2010) manifiesta que con la inyección electrónica es posible controlar de mejor manera la mezcla aire combustible, de tal manera que la relación sea estequiométrica y garantice que la combustión sea más completa y los gases resultantes sean menos nocivos. La inyección electrónica incorpora elementos y componentes electrónicos ubicados en distintas partes del motor y del vehículo. Se puede decir que el sistema de inyección electrónica está formado por tres partes, Unidad Electrónica de Control (ECU); sensores y actuadores descritos a continuación.

Unidad de Control Electrónica

Es un componente electrónico que contiene una programación, además se encarga de recibir la información enviada por los sensores, analizarla, procesarla, comparaciones, y por último envía ordenes en forma de señales eléctricas a los actuadores.

Sensores

Los sensores están encargados de captar e informar a la ECU el estado de funcionamiento del motor, entre las condiciones más importantes a ser monitoreadas están: la

cantidad de aire que ingresa al motor, el vacío que se genera en el colector de admisión; las revoluciones por minuto del motor; la temperatura del líquido refrigerante, la posición de la mariposa de aceleración, etc.

Actuadores

Son componentes eléctricos o electrónicos que reciben las señales de la ECU para que el motor responda de manera más óptima en cualquier condición de manejo ya sea: ralentí, media o plena carga, en desaceleración, etc.

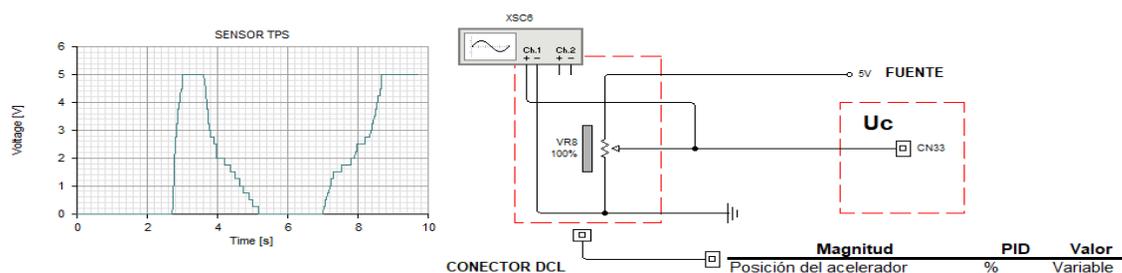
Sensores Automotrices

Sensor de posición del acelerador (TPS)

Es un resistor variable (potenciómetro), el módulo de control electrónico suministra voltaje y GND al sensor. El sensor envía un valor de voltaje a la ECU indicando la posición en la que se encuentra el acelerador. La computadora utiliza la posición del acelerador para establecer el estado de trabajo del motor: sin carga, media carga y plena carga, para controlar de manera adecuada la mezcla aire/combustible para el avance del encendido y ralentí del motor. (Emisiones, 2019)

Figura 5

PID posición del acelerador (%)



Nota. Circuito sensor TPS en Liveware.

Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP)

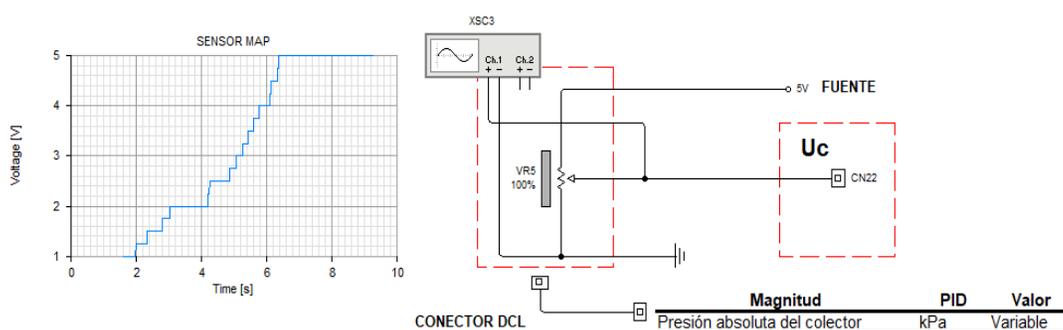
El sensor MAP como se observa en la figura 7 se utiliza para determinar el ingreso de aire teórico en la admisión mediante el cálculo de presión dentro del colector; este sensor varía

su resistencia en función de la deformación mecánica de una membrana. (Bravo & Guanuche, 2019)

(Avalos & Brito, 2014) menciona que el sensor de presión absoluta del múltiple de admisión transmite una señal analógica proporcional a los cambios de presión dentro del múltiple de admisión. Dicha señal es enviada e interpretada por la ECU para gestionar el sistema de inyección y encendido.

Figura 6

PID presión absoluta del colector (kPa)

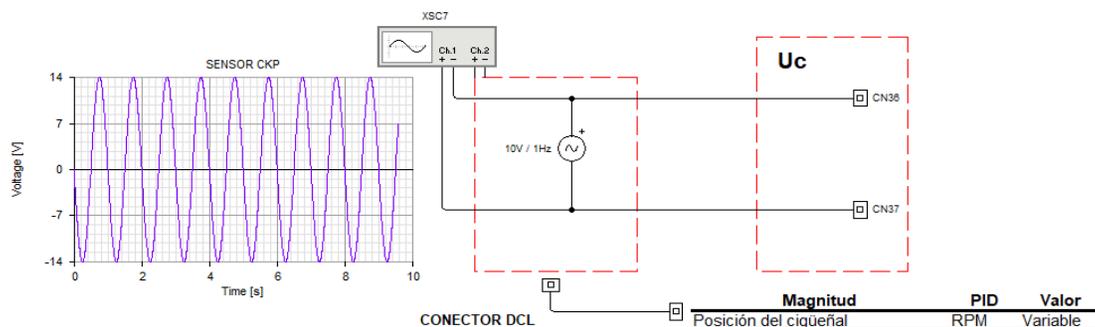


Nota. Circuito sensor MAP en Liveware.

Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

El sensor CKP, como se puede observar en la figura 8 se localiza en el block próximo a una rueda fónica localizada en el cigüeñal, el voltaje alterno generado mediante la ECU es convertido en una señal digital e interpretado por la ECU. Con esto se determina la velocidad angular del cigüeñal. (Bravo & Guanuche, 2019)

(Guacho & Rea, 2014) indica que la rueda fónica posee sesenta dientes incluyendo dos espacios vacíos que se llaman “dientes perdidos”. Esto determina la proximidad del primer pistón al PMS cuando se encuentre en el tiempo de compresión. .

Figura 7*PID posición del cigüeñal (RPM)*

Nota. Circuito sensor CKP en Liveware

Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

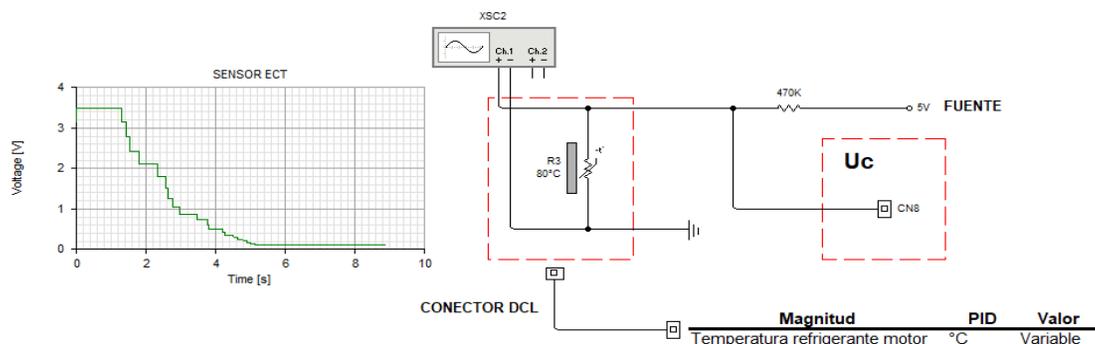
El sensor ECT como se observa en la figura 7 varía su señal de voltaje de forma proporcional a los cambios de temperatura del refrigerante del motor, por lo tanto, la ECU puede calcular esta variable y realizar los ajustes necesarios. Existen dos tipos de sensores ECT: NTC (coeficiente de temperatura negativa) y PTC (coeficiente de temperatura positiva) por lo general el más utilizado es el NTC. (Bravo & Guanuche, 2019)

(Mejía & Armijos, 2015) manifiesta que cuando el sensor se encuentra frío la señal de tensión del NTC es baja; a medida que el refrigerante se calienta, la resistencia del sensor se reduce y también se reduce la tensión de la señal.

Para el proceso de diagnóstico con el módulo genérico es importante que el motor de combustión interna con inyección electrónica se encuentre a una temperatura de funcionamiento 80 a 95 °C, es decir el valor de PID extraído es variable en uno o dos grados centígrados según el desarrollo del motor durante las tres pruebas.

Figura 8

PID temperatura refrigerante motor (°C)



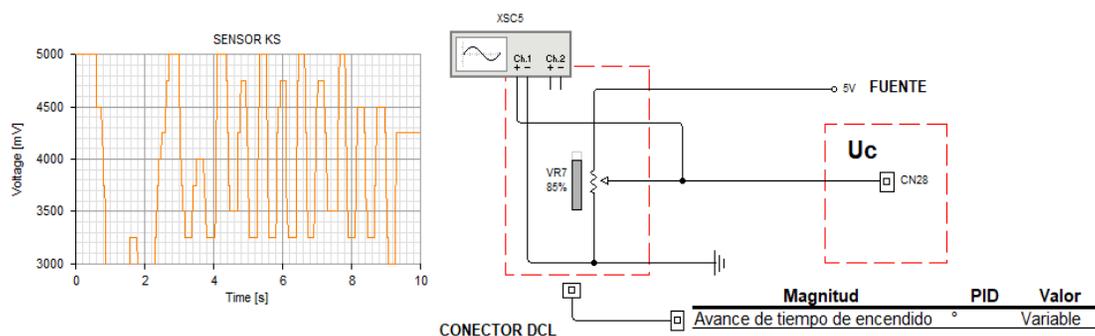
Nota. Circuito sensor ECT en Liveware.

Sensor de detonación (KS)

El sensor de detonación, conocido por sus siglas en inglés KS (Knock sensor), su ubicación es en la parte del block motor, la cual posee en su interior un componente piezoeléctrico de deformación que responde a las vibraciones generadas dentro del motor. La función principal se basa en detectar la exposición o detonación dentro de las cámaras de combustión a fin de acomodar los tiempos de encendido del vehículo, corrigiéndolo constantemente. (Zumba, 2021)

Figura 9

PID avance de tiempo de encendido (°)



Nota. Circuito sensor KS en Liveware.

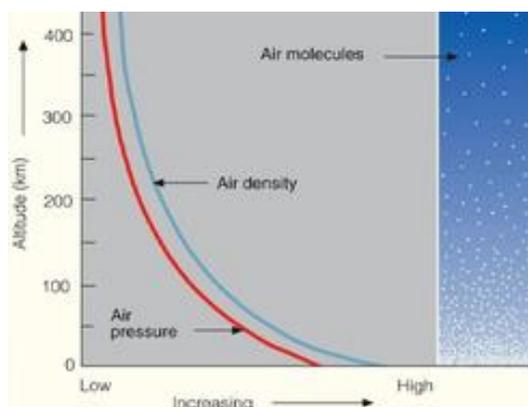
Además, estas detonaciones que se producen fuera de tiempo de ignición son generadas por el uso de combustibles con octanaje no correspondiente al específico del vehículo. El módulo de control electrónico por medio de las señales provenientes del sensor KS, adapta el tiempo de encendido de acuerdo al octanaje del combustible inyectado. (Zumba, 2021)

Sensor de presión barométrica (BARO)

El sensor de presión barométrica mide la presión atmosférica del aire. Esta señal es evaluada por la unidad de control electrónico junto con la presión de aire del colector de admisión, que la da el sensor MAP. En función de ambas señales, se calcula la cantidad básica de inyección. (Cam2, 2019)

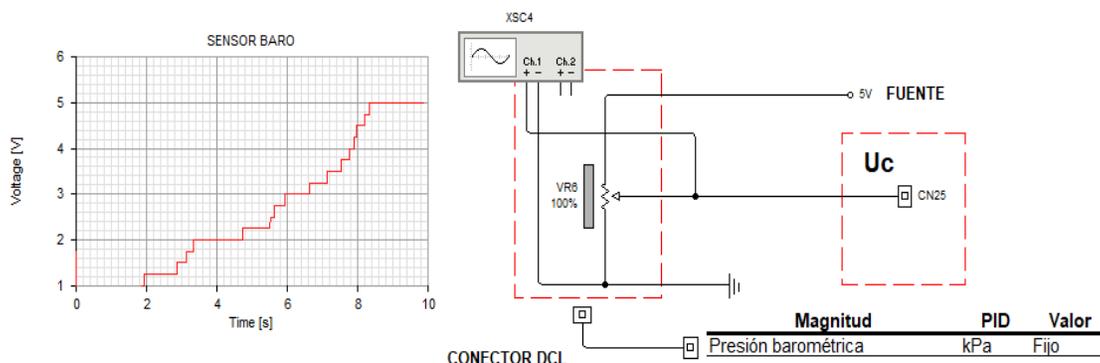
Figura 10

Crecimiento vs altitud (km)



Nota. Presión de aire en condición de altitud. Tomado de (Cam2, 2019)

Por lo contrario, la presión atmosférica no será igual al nivel del mar como a 400 metros de altura. De la misma manera la densidad de aire es menor cuando mayor es la altura, en otras palabras, a menor cantidad de oxígeno por unidad de volumen. (Cam2, 2019)

Figura 11*PID presión barométrica (kPa)*

Nota. Circuito sensor BARO en Liveware.

Según (Herrera & Cabrera, 2016) la condición se produce cuando el encendido está conectado pero el motor no está en marcha. La lectura BARO también se puede actualizar siempre y cuando la señal del sensor de TP sea superior a 28%. El sensor de presión absoluta en el colector contiene los siguientes circuitos:

- Un circuito de referencia de 5 voltios
- Un circuito de referencia baja
- Un circuito de señal de presión absoluta del múltiple de admisión.

En general, el módulo de control electrónica debe ajustar la cantidad de combustible inyectada según sea la presión atmosférica, es decir al nivel del mar con mayor presión implica que se puede inyectar más gasolina para conseguir una mezcla estequiométrica, por lo contrario, a menor presión con un nivel de altura mayor el módulo de control electrónica corrige la cantidad de carburante a la baja para no tener una mezcla rica. El momento de encendido también se verá afectado. (Cam2, 2019)

OBD-II

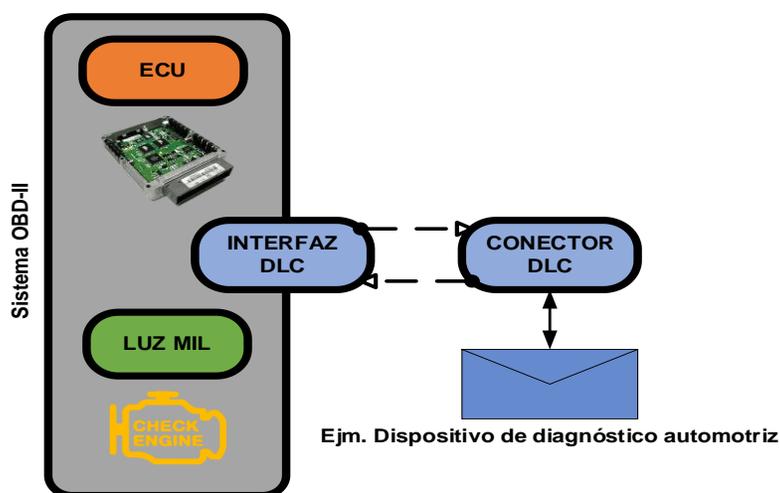
Según (Trujillo, 2016) define el OBD-II, diagnóstico a bordo segunda generación (On board diagnostics second generation), es una normativa que rige para disminuir las emisiones en los vehículos, en adelante se usara las siglas OBD-II.

Definición

OBD-II es la segunda generación del sistema originalmente creado OBD (On Board Diagnostics), el sistema permite obtener un diagnóstico electrónico del vehículo. También permite evaluar y supervisar el funcionamiento del motor para evitar la excesiva generación de emisiones, cuando algo está mal en el funcionamiento este sistema genera un código de falla y enciende la luz de check engine, toda la información que se recolecta para poder lograr este control viene de sensores instalados en el vehículo, el sistema OBD-II permite también generar protocolos de seguridad o emergencia en caso de que el vehículo llegase a fallar y la PCM se vea en la necesidad de controlarlo para la seguridad de los ocupantes hasta llegar al centro de servicio. (Trujillo, 2016)

Figura 12

Componentes del sistema OBDII



Nota. Sistema OBDII y sus componentes. Tomado de (Anchapaxi, 2016)

Protocolo OBD-II

Existen 4 protocolos básicos en OBD-II, cada protocolo tiene variaciones con respecto al modelo de comunicación entre la PCM y el escáner. A pesar de existir algunos cambios de fabricante entre protocolos, como regla se tiene, los vehículos Chrysler, europeos y asiáticos usan protocolo ISO 9141. Los vehículos GM usan protocolos SAE J1850 VPW (modulación de ancho de pulso variable), los vehículos Ford usan patrones de comunicación SAE J1850 PWM (modulación de ancho de pulso) y CAN, su uso inicial en el año 2003 y de ahí a la fecha, algunos modelos que los aplican son: Fiesta, Eco Sport, Lobo, Explorer (Ford), Ram, Durango (Chrysler), Vectra, Malibu (GM), Murano, Saab, entre otros. (Trujillo, 2016)

ISO 9141

Es el protocolo de comunicación más antiguo y fue definido por ISO en 1989 gracias a la solicitud de la CARB (Junta de Recursos del Aire de California). Fue basado en la comunicación en serie que se basa en el bit 0 con cero voltios y el bit 1 con 12 voltios. La velocidad de transmisión estándar es de 10400 baudios. (Trujillo, 2016)

SAE J1850

Es el protocolo de comunicación estándar de arquitectura abierta y bajo costo, que usan los vehículos terrestres de carretera y todo terreno. Se encuentra en aplicaciones de motor, transmisión, ABS, e instrumentación de automóviles debido a su bajo costo. Este protocolo tiene dos tipos: modulación por pulso variable (VPW) y modulación por ancho de pulso (PWM). (Trujillo, 2016)

PWM

Es la técnica de modulación en la cual se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica para transmitir por un canal de comunicación usada por Ford. PWM en OBDII tiene una velocidad de transmisión estándar de 41600 baudios. (Trujillo, 2016)

VPM

Modulación utilizada por GM en donde la señal tiene un período variable para representar un bit 0 y bit 1. VPW utiliza para hacer la transmisión de bit 1 a 0 de 0 a 1, 64 y 128 microsegundos respectivamente. La velocidad de transmisión es de 10400 baudios. (Trujillo, 2016)

CAN

Controller Area Network o CAN. Permite que se comuniquen varios dispositivos sin un host. La velocidad máxima de transferencia es de 1Mbps en redes con distancia menor a 40 metros. CAN fue estandarizado en 1986, y a partir del 2008, los automóviles livianos usan este protocolo. (Trujillo, 2016)

La configuración de los 16 pines del conector OBDII se determina de la siguiente manera, dándole utilidad a cada pin dependiendo del protocolo utilizados. (Automotriz, 2020)

Figura 13

Pines DLC OBDII



PIN	Descripción	PIN	Descripción
1	Sin Uso	9	Sin Uso
2	J1850 Bus +	10	J1850 Bus -
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 (J-2234) High	14	CAN (J-2234) Low
7	ISO 9141-2 Línea K	15	ISO 9141-2 Línea L Low
8	Sin Uso	16	Batería-Positivo

Nota. Designación de pines del conector DLC. Tomado de (Automotriz, 2020).

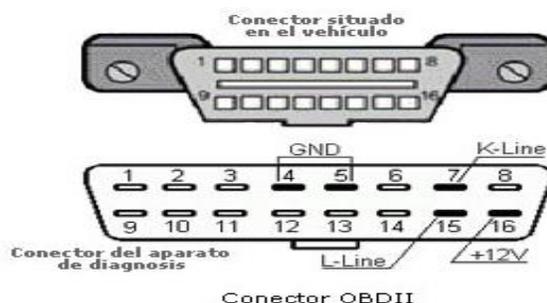
Conector OBD-II

Según (Trujillo, 2016) manifiesta que es un conector o socket de tipo OBD-II, cuya configuración es de 16 pines estandarizado definido por SAE J1962, con la consideración que no todos los pines son usados al momento de establecer una conexión. Generalmente para la

transmisión de datos hacia un scanner automotriz se usa simultáneamente hasta 2 pines de los 16 como se observa en la figura 14.

Figura 14

Conector DLC OBD-II



Nota. Data link conector (Conector de enlace de datos). Tomado de (Automotriz, 2020).

Tipos de protocolos de comunicación

Hay que tener en cuenta que en la actualidad existen cinco protocolos de comunicación, estos pueden ser seleccionados por los fabricantes los cuales se describen en la tabla a continuación.

Tabla 4

Tipos de protocolos de comunicación OBDII

Protocolo	Fabricante	Pines	Comunicación	Velocidad de transmisión	Voltaje
SAE J1850 PWM	Ford, Lincoln y Mercury	2	Señal + del bus	Modulación de ancho de pulso (PWM)	41.6 Kbaud/s
		4	GND chasis		
		5	GND tierra		
		10	Señal - del bus		
		16	Alim + batería		
SAE J1850 VPM	General Motors	2	Señal + del bus	Modulación de ancho de pulso variable (VPM)	10.4 – 41.6 Kbaud/s
		4	GND chasis		
		5	GND tierra		
		16	Alim + batería		
		10	Sin uso		
ISO 9141-2		4	GND chasis		10.4 Kbaud/s

Protocolo	Fabricante	Pines	Comunicación	Velocidad de transmisión	Voltaje
	Fabricantes, europeos, asiáticos, Chrysler, Jeep y Dodge	5 7 15 16	GND tierra Línea K bidireccional Línea L unidireccional Alim + batería	Comunicación similar al estándar RS-232	0 – 12 V (se ajustan al voltaje de la batería)
ISO 14230 KWP 2000 (Key Word Protocol)	Fabricantes europeos y asiáticos	4 5 7 15 16	GND chasis GND tierra Línea K bidireccional Línea L unidireccional Alim + batería	Comunicación similar al estándar RS-232	1.2 – 10.4 Kbaud/s 0 – 12 V (se ajustan al voltaje de la batería)
ISO 15765-4 CAN	Compañía Bosch	4 5 6 14 16	GND chasis GND tierra Señal CAN alto (CAN H) Señal CAN bajo (CAN L) Alim + batería	Red de Área del controlador	250 – 500 Kbps 2.5 – 5 V (CANH) 2.5 – 0 V (CANL)

Nota. Protocolos de comunicación. Tomado de (Anchapaxi, 2016).

En conclusión, los pines 4, 5 y 16 son de alimentación del conector OBDII, y el resto sería para uso de la comunicación dependiendo el protocolo que use el fabricante. (Trujillo, 2016)

Tabla 5

Pines de transferencia de datos - protocolo de comunicación

PIN	Descripción	Protocolo
2	J1850 (Bus +)	SAE J-1850
10	J1850 (Bus -)	
6	CAN High (J-2284)	CAN ISO 15765-4
14	CAN Low (J-2284)	

PIN	Descripción	Protocolo
7	ISO 9141-2 "Línea K"	ISO 9141
15	ISO 9141-2 "Línea L"	

Nota. Pines de transferencia de datos. Tomado de (Trujillo, 2016).

Ubicación del conector OBD-II

Por lo general el conector OBDII se sitúa debajo del tablero de instrumentos, es decir debajo del volante (árbol de dirección). En algunos modelos el DLC se sitúa en la fusilera que alimenta parte del interior, en otras marcas como Renault se encuentra en la guantera o en los Opel en medio de la consola central de audio. (Automotriz, 2020)

Figura 15

Ubicación del DLC



Nota. Ubicación del conector DLC varía según el fabricante. Tomado de (Castillo, 2015)

Modos de medición OBD-II

Según (Anchapaxi, 2016) en su proyecto de titulación indica que el sistema OBDII utiliza nueva modos de medición y dependiendo del modo seleccionado se accede a cierto tipo de información de la ECU del automóvil. Cada modo utiliza los denominados PID's (Parameter Identification), que son códigos que piden información al automóvil y fueron creados exclusivamente para la comunicación con el escáner automotriz, a continuación, se describen los nueve modos de medición del sistema OBDII.

Modos 1 – Obtención de datos actualizados

Permite acceder a las medidas de los sensores en tiempo real, algunos valores de este modo pueden ser: temperatura, voltajes, presión, potencia, RPM del motor, entre otros dependiendo del sensor de evaluación.

Modo 2 – Obtención de datos almacenados

Este modo permite acceder a la información almacenada en la memoria de la ECU y que tiene relación con algún fallo que ocurrió en el automóvil. Los valores son tomados en el momento exacto de ocurrir la primera falla en el sensor, si existe más de una falla en el mismo sensor, estos valores no serán almacenados.

Modo 3 – Obtención de códigos de falla

Este modo no necesita ningún PID ya que la información extraída corresponde a los códigos de falla DTC (Data Trouble Codes) de la ECU. Esta información corresponde a la lectura de un fallo que se produjo debido a que el valor del sensor estuvo fuera del rango óptimo.

Modo 4 – Borrado de códigos de falla y valores almacenados

El modo 4 permite borrar todos los códigos de falla DTC almacenados en la ECU del automóvil y los valores guardados del modo 2. Cuando se borran los códigos de la memoria de la ECU queda sin información y la luz MIL se apaga; si no se corrige adecuadamente el problema, los códigos de falla volverán aparecer.

Modo 5 – Resultado de las pruebas de los sensores de oxígeno

Este modo permite acceder a los resultados de las pruebas realizadas al sensor de oxígeno, de esta forma evaluar el funcionamiento del mismo. El sensor de oxígeno es uno de los más importantes ya que interviene en gran medida en la calidad de aire.

Modo 6 – Resultado de pruebas de otros sensores

Según (Anchapaxi, 2016) indica que el modo 6 almacena los resultados de las pruebas realizadas por la ECU al sistema de monitoreo no continuo. Ejemplos de sistemas no continuos son: catalizador, sistema secundario de aire, refrigerante de aire acondicionado. A continuación, respuestas de este tipo de sistemas:

- “N” indica monitoreo no soportado
- “C” indica monitoreo completo
- “I” indica todavía no termina el monitoreo de esta prueba
- “?” indica incongruencia del sistema

Modo 7 – Códigos de falla pendientes

El modo 7 muestra los códigos de falla pendientes que no hayan sido reparados, además es usado por los técnicos automotrices posterior a la reparación del vehículo ya que les permite ver los resultados después de borrar la información de diagnóstico y luego de un ciclo de conducción, de este modo validan si el problema fue corregido.

Modo 8 – Control de funcionamiento de componentes

En este modo se puede realizar pruebas en actuadores (bombas de combustible, válvula de ralentí) activándolos o desactivándolos. Si no se cuenta con la experiencia necesaria para hacer estas modificaciones, el uso de este modo no es recomendable.

Modo 9 – Información del automóvil

El modo 9 permite el acceso a la información del automóvil VIN (Vehicle Identification Number). El VIN es un numero único que va a identificar al automóvil en cualquier parte del mundo. La estructura del VIN está conformada por 17 caracteres alfanuméricos (no incluyen los caracteres I, O ni Q) y cada uno tiene un significado.

Datos de información del programa PID's

Según (Casa & León, 2011) manifiesta que el PID (Parámetro de información del programa) es el nombre técnico que utiliza para la información requerida por el técnico, que va desde la unidad de control electrónico hacia el escáner automotriz. Cuando se diagnostica un problema relacionado con el desempeño del motor, el PID Data puede ser un modo rápido y confiable para adquirir información. Además, nos indica que los síntomas sin códigos de falla son más difíciles de diagnosticar. Es aquí cuando un análisis de la información de los PID's puede ayudar para efectuar una rápida y precisa reparación.

Existen más de cien PID's posibles, disponibles para ayudar al técnico en el proceso de diagnóstico. En muchos casos, se necesitan tan solo 25 PID's para resolver un problema de desempeño del motor. Si se analiza un problema del motor se pueden clasificar dos tipos, unos primarios y otros secundarios los cuales se listan a continuación. (Casa & León, 2011)

Tabla 6

Parámetros de información (PID's) primarios y secundarios

PID's primarios		PID's secundarios	
PID	Unidad	PID	Unidad
MAF	Volts	ECT	Volts
RPM	RPM	LFT1	%
O211	Volts	LFT2	%
O221	Volts	TR	Posición
SFT1	%	SAP	Grados (APMS)
SFT2	%	IAC	%
FPW1	ms	EGRR	%
FPW2	ms	DPFE	Volts
TP	Volts	FSYS	Closed - Open
		O212	Volts
		O222	Volts
		FLVL	%
		FTPT	Volts
		EVM	%

Nota. Clasificación de PID's. Tomado de (Casa & León, 2011).

Para la presente investigación los parámetros de información del programa utilizados se describen en la siguiente tabla 7.

Tabla 7

PID's utilizados

PID (hexadecimal)	PID (decimal)	Bytes de datos devueltos	Descripción	Valor min.	Valor máx.	Unidades	Fórmula
05	5	4	Temperatura del anticongelante	-40	215	°C	A-40
0B	11	1	Presión absoluta del colector de admisión	0	255	kPa	A
0C	12	2	La velocidad del motor	0	16383,75	RPM	(256 A+B)/4
0E	14	1	Avance de tiempo	-64	63,5	° (APMS)	A/2 - 64
11	17	1	La posición del acelerador	0	100	%	(100/255) A
33	51	1	Presión barométrica absoluta	0	255	kPa	A

Nota. Parámetros de información utilizados en la presente investigación. Tomado de (tok.wiki, 2022)

Conector OBD-II arduino

El adaptador funciona como un puente de datos OBD-II del vehículo para arduino, proporcionando acceso a datos OBD-II con la biblioteca, así como fuente de alimentación para la placa arduino y sus dispositivos conectados. (Freematics, 2022)

Figura 16

Adaptador OBD-II UART V1 para arduino



Nota. Conector OBD-II

Según (Freematics, 2022) manifiesta que las características principales y generales del adaptador son las siguientes:

- Acceso a todos los PID OBD-II estándar con conjuntos de comandos ELM327 AT extendido.
- Lectura y borrado de códigos de problemas de diagnóstico del vehículo (solo motor y tren motriz).
- Medición del voltaje de la batería del automóvil.
- Suministro de energía para el dispositivo host (5 V hasta 2,1 A).
- Interfaz de datos UART serie compatible con microcontroladores de 3,3 V y 5 V.
- Biblioteca arduino y bocetos de ejemplo disponibles.

Compatibilidad

El adaptador se conecta al puerto OBD que generalmente se encuentra debajo de la columna de dirección o ligeramente a la izquierda. Para verificar si el vehículo cuenta con la certificación OBD-II, en el capó se encuentra la calcomanía como se observa en la siguiente figura. (Freematics, 2022)

Figura 17

Certificado OBD-II

VEHICLE EMISSION CONTROL INFORMATION		
A motor co, inc.	ENGINE FAMILY	EFN2.8YBT2BA
	DISPLACEMENT	2.8L
THIS VEHICLE CONFORMS TO U.S. EPA AND STATE OF CALIFORNIA REGULATIONS APPLICABLE TO 1997 MODEL YEAR NEW TLEV PASSENGER CARS.		
REFER TO SERVICE MANUAL FOR ADDITIONAL INFORMATION TUNE-UP CONDITIONS: NORMAL OPERATING ENGINE TEMPERATURE, ACCESSORIES OFF, COOLING FAN OFF, TRANSMISSION IN NEUTRAL.		
EXHAUST EMISSIONS STANDARDS CERTIFICATION IN-USE	STANDARD CATEGORY TLEV TLEV INTERMEDIATE	
SPARK PLUG TYPE NGK BPRE-11 GAP: 1.1mm	CATALYST	EFN2.8YBT2BA 

Nota. Control de información de emisiones del vehículo. Tomado de (Freematics, 2022).

Además, (Freematics, 2022) indica que se admiten los vehículos que utilizan los siguientes protocolos de vehículos.

- CAN 500 Kbps/29bit
- CAN 500 Kbps/11bit
- CAN 250 Kbps/29bit
- CAN 250 Kbps/11bit
- KWP2000 (Fast)
- KWP2000 5 Kbps

Disposición de cables de conexión

Un cable desconectable sale del adaptador y se divide en un conector de 4 pines, dos conectores de 2 pines, incluidas las líneas de alimentación (VCC/GND) y las líneas de datos (Rx/Tx). Se puede conectar a arduino con pines de ruptura integrados o escudo de ruptura. Tu dispositivo arduino se verá ordenado en el vehículo con un solo cable. (Freematics, 2022)

Tabla 8*Configuración de sockets de conexión*

Tipo de línea	Color	Asignación	Descripción
Eléctrica	Rojo	Vcc	Conexión a Vcc de Arduino
Eléctrica	Negro	GND	Conexión a GND de Arduino
Datos	Blanco	Rx	Cable a serie Tx de Arduino
Datos	Verde	Tx	Cable a serie Rx de Arduino

Nota. En la tabla 8 se observa los parámetros principales de los conectores del adaptador.

PID's de comunicación

(Freematics, 2022) indica que el conector arduino consta de varios PID's de comunicación, el termino PID viene el algoritmo de control el cual contiene tres parámetros distintos: el proporcional, el integral y el derivativo. Los PID's que acepta el dispositivo los designa el fabricante, limitando al programador el uso de librerías los designa el fabricante, limitando al programador el uso de las librerías gratuitas o bajo costo de ser el caso. Los PID's de comunicación son colocados en la secuencia de comandos como se puede observar a continuación algunos ejemplos:

Motor

- PID_RPM: RPM del motor (RPM)
- PID_COOLANT_TEMP: temperatura del refrigerante del motor (°C)
- PID_TIMING_ADVANCE: avance de tiempo de encendido (°)

Escape de admisión

- PID_INTAKE_PRESSURE: presión absoluta del múltiple de admisión (kPa)
- PID_BAROMETRIC: presión barométrica (kPa)

Conductor

- PID_THROTTLE: posición del acelerador (%)

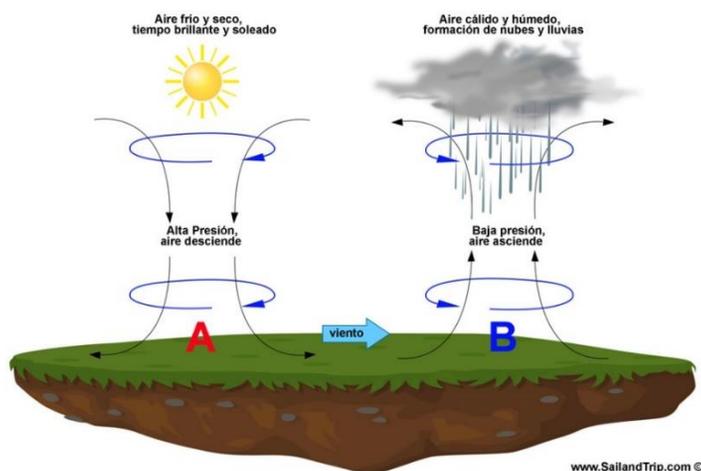
Variables ambientales

Presión atmosférica

La presión atmosférica o presión barométrica es la fuerza que ejerce la columna de aire de la atmosfera sobre la superficie terrestre en un punto determinado. Esta fuerza es inversamente proporcional a la altitud. Cuando mayor es la altitud, menor es la presión atmosférica, y cuando menor es la altitud, mayor es la presión atmosférica. La mayor presión atmosférica es la que se produce al nivel del mar (Coelho, 2020).

Figura 18

Presión atmosférica a diferentes altitudes



Nota. Alta presión vs baja presión. Tomado de (Atmosférica, 2016).

Variables del motor

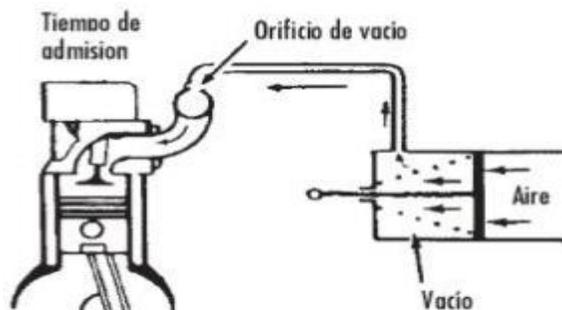
Vacío del motor

De manera general se define al vacío como la presión menor que la presión atmosférica o de manera más resumida el vacío es la ausencia de presión. El vacío funciona como un flujo de aire dinámico fundamental del motor de combustión interna. Sin el vacío apropiado, un vehículo no tendrá mezcla de aire y combustible necesaria para producir la combustión. El

vacío es la diferencia en la presión generalmente medido en pulgadas de mercurio, entre el interior del colector de admisión y la presión del aire exterior. (Stevenson, 2017)

Figura 19

Vacío en el motor de combustión interna



Nota. Esquema del vacío motor. Tomado de (Lara, 2013).

El vacío en el motor se produce cuando al terminar el tiempo de escape se abre la válvula de admisión y se cierra la válvula de escape, el pistó empieza su carrera descendente arrastrando aire tras él, produciendo así un vacío el cual puede ser medido con un manómetro como se indica en la figura 20, para fines de análisis del estado general del funcionamiento del motor. Para motores con inyección electrónica se mide el vacío a través de un sensor que toma aire del colector de admisión y cuya señal se envía a la Unidad Electrónica de Control (ECU) del motor.

Figura 20

Vacuómetro automotriz



Nota. Instrumento de medida de vacío. Tomado de (Automotriz, 2022).

Según (Automotriz D. M., 2018) menciona que cuando el vehículo está en contacto (On) el sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP) mide la presión barométrica debido a que, al no estar el motor en funcionamiento no se genera ningún vacío en el múltiple y el sensor emite una señal en voltaje para que el escáner automotriz interprete y transforme dicha señal en un valor de presión que está en unidades de kilo pascales (kPa). El instrumento de medida que se utiliza para medir la el vacío es el vacuómetro y entrega valores que están en pulgadas de Mercurio (inHg). Por consiguiente, si se tiene el valor de la presión atmosférica y se resta el valor de vacío medido desde el vacuómetro, se obtendrá como resultado el valor del sensor MAP que se registra en el escáner automotriz, cabe mencionar que para que la ecuación sea utilizada de forma adecuada las todas las variables deben estar en las mismas unidades de presión, de este modo la ecuación se describe de la siguiente manera:

Ecuación 1

Valor del sensor MAP

$$Presión_{atmosférica} - Valor_{vacío} = Valor_{sensor\ MAP}$$

Donde:

- Presión Atmosférica: valor medido cuando el vehículo está en contacto.
- Vacío: valor medido por el vacuómetro cuando el vehículo está en marcha mínima (ralentí), se debe transformar de pulgadas de mercurio (inHg) a kilo pascales (kPa).
- Valor del sensor MAP: resultado de la diferencia de las presiones atmosférica y presión de vacío expresado en kilo pascales (kPa) se lo observa conectando el escáner al vehículo.

Ejemplificando lo descrito anterior si el valor del sensor MAP marca 24 kilo pascales (kPa) y en la ciudad de Quito a una altitud de 2850 m.s.n.m. la presión atmosférica es aproximadamente de 72 kilo pascales (KPa) el motor de combustión interna a gasolina

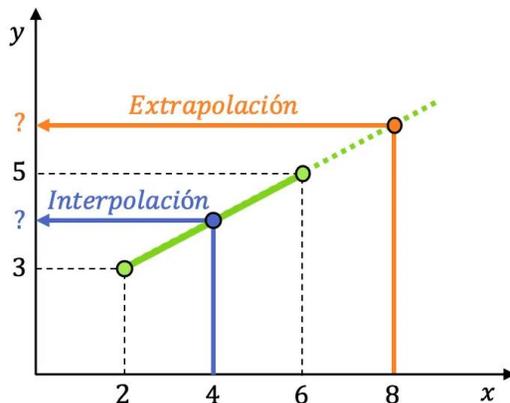
consumirá las dos terceras partes de la presión atmosférica y el colector de admisión consumirá la tercera parte de la presión atmosférica.

Interpolación y extrapolación lineal

Interpolar implica hacer una aproximación de un punto situado dentro del intervalo que forman estos dos puntos conocidos. En cambio, extrapolar significa estimar un valor de la función en un punto ubicado fuera del intervalo que componen estos dos puntos conocidos. (funciones.xyz, 2021)

Figura 21

Puntos de interpolación y extrapolación lineal



Nota. Puntos conocidos en interpolación y extrapolación. Tomado de (funciones.xyz, 2021).

Ecuación 2

Interpolación y extrapolación lineal

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} * (x - x_1) + y_1$$

Donde: x e y son las coordenadas del punto interpolado

Temperatura del refrigerante

Según (Martínez & Robles, 2010) mencionan que la temperatura de refrigerante es una variable que hay que tener en cuenta puesto que influye en el funcionamiento del motor,

generalmente cuando el motor está frío es necesario inyectar más combustible y mantener un régimen de ralentí más alto mientras dura el periodo de calentamiento.

Figura 22

Indicador de temperatura en el tablero del vehículo



Nota. Indicador de temperatura del refrigerante en el tablero. Tomado de (Pérez, 2019)

Señal del sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (MAP)

En el colector de admisión se genera una presión de vacío, esta señal es captada por el sensor MAP, de esta manera transforma el valor de la presión de vacío en una señal eléctrica que variará en forma inversa a la cantidad de vacío.

Figura 23

Ubicación del sensor MAP



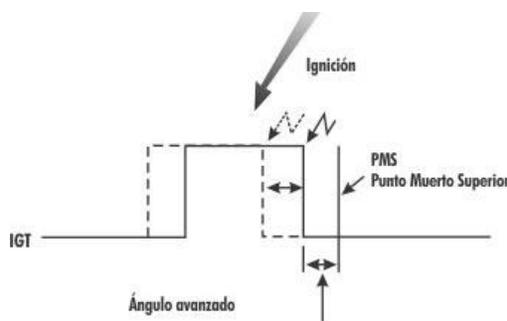
Nota. Sensor MAP alojado en el colector de admisión. Tomado de (Avance, 2019).

Avance de encendido

Según (Martínez & Robles, 2010) en su proyecto de investigación indican que el avance del encendido mide en grados angulares y hace referencia al ángulo que forma el codo del cigüeñal con el eje vertical en el momento en que dispara la chispa para combustionar la mezcla aire-combustible; generalmente los fabricantes recomiendan que cuando el motor está funcionando sin carga y a marca mínima (ralentí) a nivel del mar el avance debe estar en el orden de 2 a 6 grados antes del punto muerto superior.

Figura 24

Ángulo de avance de ignición



Nota. Señal del avance de encendido. Tomado de (SN, 2022).

Revoluciones por minuto

Las revoluciones por minuto son una medida de frecuencia. Nos indica con qué rapidez está funcionando la máquina. En detalle, mide la cantidad de rotación completas que realiza el cigüeñal y el ascenso y descenso del pistón durante este lapso de tiempo. Es importante destacar que mientras más revoluciones por minuto tenga un motor más, sin embargo, esto también depende de la eficiencia de otros factores como la cantidad de cilindros, el sistema de transmisión, el torque, etc. (Motorysa, 2021)

Figura 25

Tacómetro en el tablero del vehículo



Nota. Tacómetro indica que tan rápido va el motor en revoluciones por minuto. Tomado de (Motorysa, 2021)

Posición del pedal del acelerador

El sensor TPS es el encargado de enviar información al Módulo de Control Electrónico, o ECM, sobre la posición de la mariposa de aceleración, elemento que controla el flujo de aire que entra en el motor, por lo tanto, la inyección de combustible en los cilindros (helloauto, 2022)

Figura 26

Sensor de posición del acelerador



Nota. Sensor de posición del acelerador. Tomado de (Mundocarros, 2019).

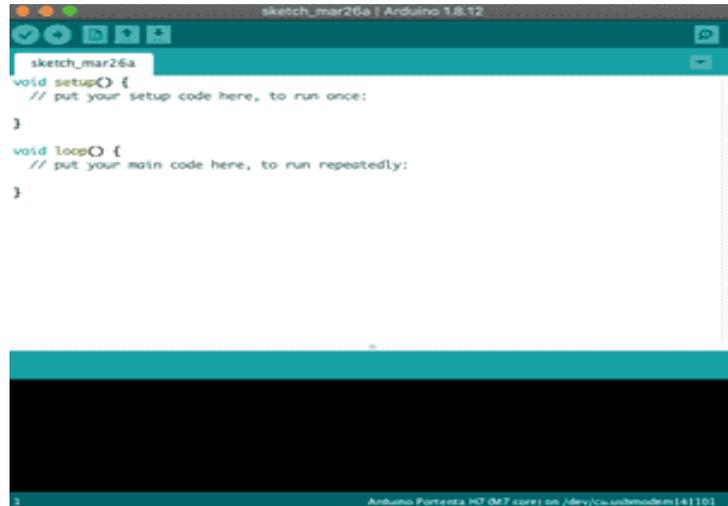
Arduino IDE***Definición***

El entorno de desarrollo integrado arduino, o software arduino (IDE), contiene un editor de texto para escribir código, en área de mensajes, una consola de texto, una barra de

herramientas con botones para funciones comunes y una serie de menús. Se conecta al hardware arduino para cargar programas y comunicarse con ellos (Arduino, 2022).

Figura 27

Boceto de arduino IDE



Nota. Área de trabajo arduino IDE. Tomado de (Arduino, 2022).

Los programas escritos con arduino Software (IDE) se denominan bocetos. Estos bocetos se escriben en el editor de texto y se guardan con la extensión de archivo “.ino.” El editor tiene funciones para cortar/pegar y para busca/reemplazar texto. El área de mensajes proporciona comentarios al guardar y exportar y también muestra errores. La consola muestra la salida de texto del software arduino (IDE), incluidos los mensajes de error completos y otra información. (Arduino, 2022)

Comunicación

La comunicación con el computador se puede realizar por medio de puerto serial o USB, solamente se necesita un cable serial a serial o cable mini USB. Esta comunicación se concatena a un puerto del computador el cual virtualmente es añadido en la aplicación de programación arduino, la cual por medio de lenguaje Wiring permite generar y almacenar las rutinas que regirán al microprocesador de la placa arduino (Arduino, 2022)

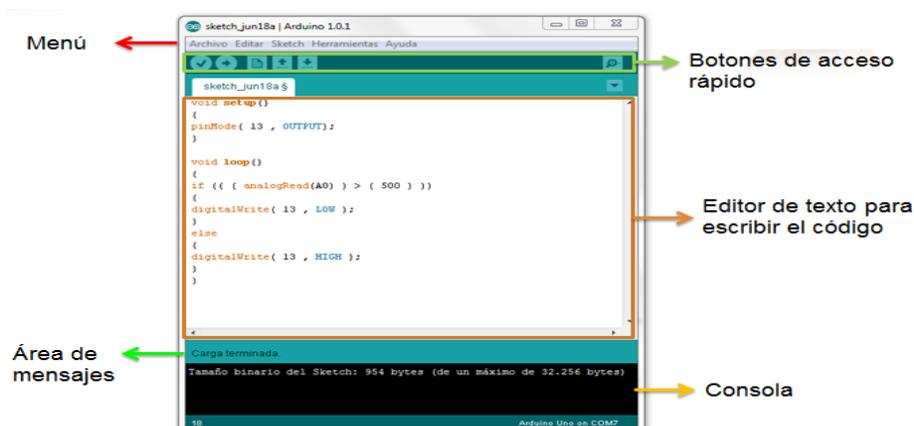
Entorno arduino IDE

El entorno arduino es el software libre que se encarga de la comunicación con la placa arduino o microcontroladores, este entorno permite la fácil programación en las diferentes placas diseñadas por arduino, e entorno consta de herramientas y menús que ayudan en la creación de secuencias de programación viables para ser cargadas en el microprocesador de la placa arduino, la presentación del entorno se puede observar en la figura 28. (Arduino, 2022)

El entorno de Arduino consta con todas las funcionalidades de introducción de texto, es decir, copiar, pegar, reemplazar, haciendo más fácil y rápida la creación de bocetos, en la puerta superior derecha consta un icono para abrir el monitor serie, el cual está basado en hyperterminal para la transmisión de datos con un puerto COM virtual. Al momento de crear el boceto se puede verificar si la secuencia de comandos es la adecuada en cuanto a reglas y así poder subir una compilación de comandos adecuada a la placa arduino. En la parte inferior izquierda el entorno consta con 2 botones lo cuales son compilar y subir, como sus nombres lo indican la opción compilar realiza una revisión a la secuencia de comandos en busca de errores, por su parte el botón subir compila y sube la secuencia de comandos o bocetos a la placa arduino seleccionada (Arduino, 2022).

Figura 28

Entorno de arduino IDE



Nota. Entorno de arduino. Tomado de (educativa, 2012).

El entorno arduino permite también subir a su base librerías adicionales a las nativas, estas librerías pueden ser desarrolladas por terceros y servirán para poder concatenar la placa Arduino con sensores, actuadores, conectores de arduino o externos a la marca, las bibliotecas deberán estar guardadas en “.zip” para su correcta adición a la base de datos. Antes de subir un boceto se debe configurar el puerto COM virtual generado para la conexión con la placa arduino por parte del PC, adicionalmente se deberá escoger el modelo de la placa arduino que se esté usando. (Arduino, 2022)

Monitor Serie

Esto muestra el serial enviado desde la placa arduino a través de USB o conector serial. Para enviar datos al tablero, se debe ingresar el texto y hacer clic en el botón “enviar” o presionar enter. Elija la tasa de baudios del menú desplegable que coincida con la tasa pasada a Serial.begin en el boceto. Se debe tener en cuenta que el monitor serie no procesa caracteres de control; si el boceto necesita una gestión completa de la comunicación en serie con caracteres de control, puede usar un programa de terminal externo y conectarlo al puerto COM asignado a la placa arduino. (Arduino, 2022)

Figura 29

Monitor serie de arduino IDE

```

COM3
[72902]Mattexy14.0V
[72904]00000000
[73011]10000 104=39 111=12 105=88
[73015]Mattexy14.0V
[73016]00000000
[73020]10000 104=39 111=12 105=88
[73124]Mattexy14.0V
[73128]00000000
[73220]10000 104=39 111=12 105=88
[73225]Mattexy14.0V
[73229]00000000
[73240]10000 104=39 111=12 105=88
[73244]Mattexy14.0V
[73249]00000000
[73400]10000 104=39 111=12 105=88
[73402]Mattexy14.0V
[73459]00000000
[73541]10000 104=39 111=12 105=88
[73543]Mattexy14.0V
[73544]00000000
[73670]10000 104=39 111=12 105=88
[73674]Mattexy14.0V
[73675]00000000
[73780]10000 104=39 111=12 105=88
[73785]Mattexy14.0V
[73789]00000000
[73890]10000 104=39 111=12 105=88
[73894]Mattexy14.0V
[73899]00000000
[74000]10000 104=39 111=12 105=88
[74004]Mattexy14.0V
[74009]00000000
  
```

Nota. Ventana del monitor serie asignado a COM3.

Características generales arduino IDE

El entorno de la plataforma de programación arduino IDE tiene diversas funciones importantes de manipulación y desarrollos de códigos, se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 9

Características generales arduino IDE

Características arduino IDE		
Nro.	Funciones	Descripción
1	Verify/Compile	Chequea el código en busca de errores
2	New	Crea un nuevo proyecto
3	Open	Presenta un menú de todos los programas sketch de su "sketchbook", (librería de sketch)
4	Save	Salva el programa sketch
5	Upload to I/O Board	Compila el código y lo vuelca en la placa E/S de Arduino
6	Serial Monitor	Inicia la monitorización serie

Nota. En la tabla 9, se observa las características generales de la plataforma de programación arduino IDE. Tomado de (Muñoz, 2022).

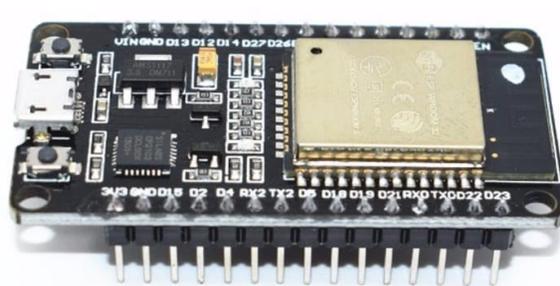
Microcontrolador ESP32 DEVKIT V1

Definición

El módulo ESP es un chip diseñado con características bluetooth y wifi 2.4 GHz con tecnología de ultra bajo consumo de energía. Está diseñado para mejorar el rendimiento, la confiabilidad, robustez, versatilidad y compatibilidad con una gran cantidad de aplicaciones. Las placas de desarrollo más utilizadas en el mercado son los Node MCU ESP8266 y Node MCU ESP32, las cuales permiten utilizar una interfaz de desarrollo como arduino IDE para su programación y configuración. Además, esta interfaz provee diferentes librerías Open Source que permiten la conexión con Firebase para el envío y recepción de datos desde un servidor Web. (Tapia, 2022)

Figura 30

Microcontrolador ESP32 DEVKIT V1 30 pines



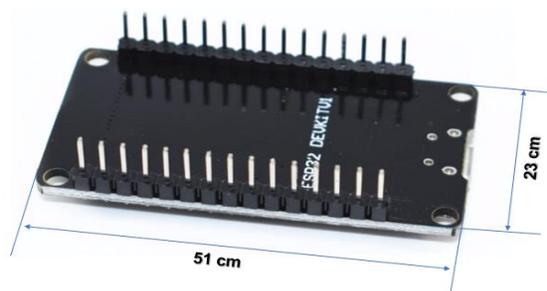
Nota. Placa de desarrollo ESP32 DEVKIT V1. Tomado de (Unitelectronics, 2022).

Especificaciones técnicas del módulo ESP32

Entre las especificaciones del Node MCU ESP32 se puede destacar como la más importante su reducido tamaño, que es aproximadamente de (51 x 23 x 8) mm, lo cual permite crear dispositivos pequeños y que puedan ser adaptables a los sistemas eléctricos. (Tapia, 2022)

Figura 31

Dimensiones del microcontrolador ESP32



Nota. Dispositivo adaptable en cualquier circuito eléctrico. Tomado de (Unitelectronics, 2022).

Según (Tapia, 2022) especifica que las características importantes es la comunicación Wifi que permite el acceso a internet del dispositivo y el envío de recepción de información hacia el exterior. A continuación, se enlista las principales características del Node MCU ESP32 en la siguiente tabla 10.

Tabla 10

Características generales del microcontrolador ESP32 DEVKIT V1 30 Pines

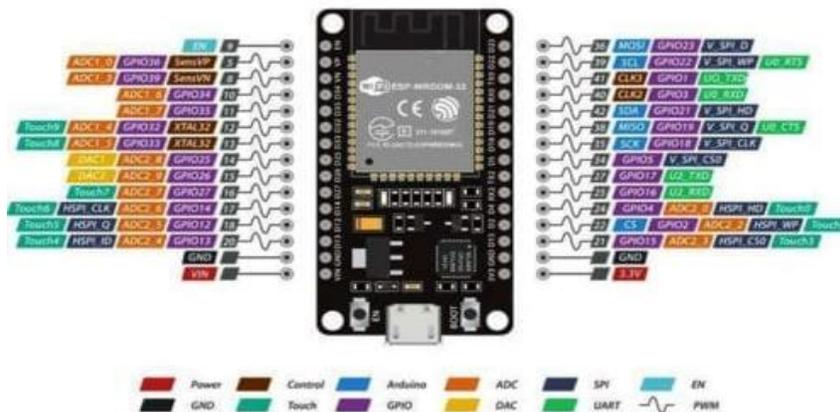
Descripción	Características
Voltaje de Alimentación (USB)	5V DC
Voltaje lógico entradas/salidas (GPIO)	3.3V DC
Consumo de energía	5 μ A
Frecuencia de Reloj	240 MHz
Memoria ROM	448 Kbyte
Memoria SRAM	520 Kbyte
Pines PWM	16
Puertas Serie (UART)	2
Botón Reset	1

Nota. En la presente tabla 11 se presentan las características generales del microcontrolador ESP32 DEVKIT de 30 pines. Tomado de (Unitelectronics, 2022) .

En la siguiente figura 32, se indica la distribución de pines de los diferentes pines de conexión de Node MCU ESP32.

Figura 32

Configuración de pines microcontrolador ESP32



Nota. Node MCU ESP32 30 pines. Tomado de (Unitelectronics, 2022).

Ventajas del módulo ESP32

Una de las ventajas del ESP32 es que permite una conexión directa mediante Wifi a un router sin necesidad de otro elemento electrónico. Esta característica no tiene ningún otro microcontrolador en el mercado y que permite el desarrollo de dispositivos muy sofisticados que transmiten datos hacia la web. De igual importancia, el módulo es que puede ser programado en la plataforma arduino IDE, la cual permite la utilización de librerías para sensores, pantallas, Firebase, etc., obteniendo una mayor flexibilidad para el desarrollo de aplicaciones. (Tapia, 2022)

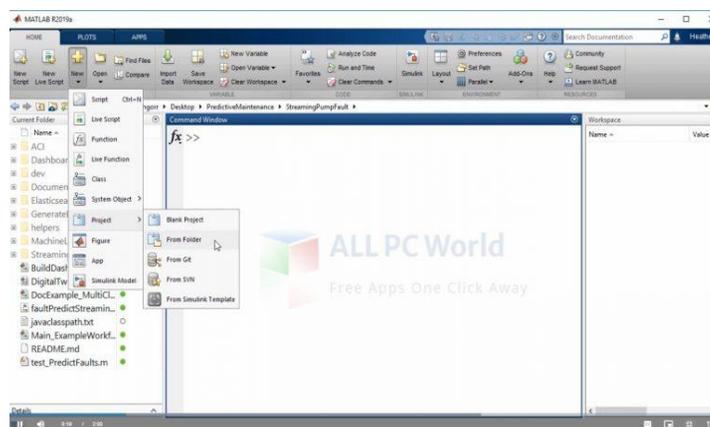
Matlab R2021b versión educativa

Definición

Mathworks Matlab R2021b educativo es un programa popular y conocido en la industria para el análisis de datos, el desarrollo de algoritmos, la creación de modelos y la búsqueda de soluciones a problemas científicos y matemáticos. Este poderoso programa es extremadamente útil para ingenieros, científicos, analistas de datos y muchos usuarios para realizar cálculos complejos y expresar sus datos de manera más técnica y profesional. (Matlab, 2021)

Figura 33

Ventana principal de Matlab R2021b versión educativa



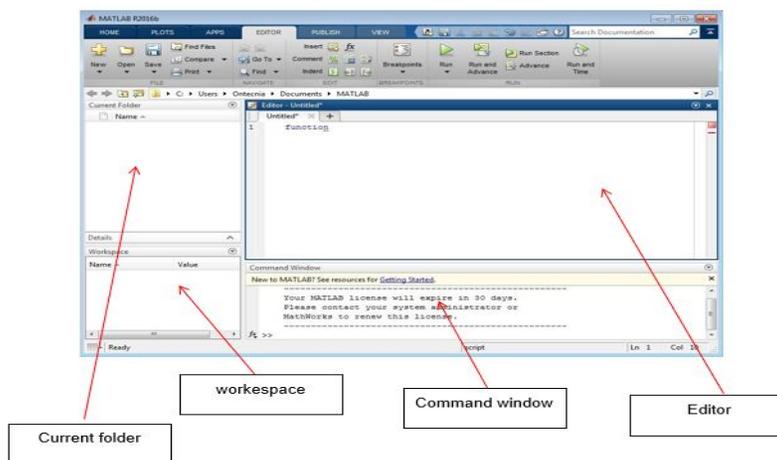
Nota. Ventana de inicio de Matlab R2021b educativo. Tomado de (Matlab, 2021).

Entorno

Según (Porras, 2018) menciona que, la interfaz de utilización del software Matlab educativo ofrece varias ventanas que permiten de cierta forma la manipulación adecuada de procesos importantes en el software. (p.14)

Figura 34

Entorno principal de Matlab R2021b educativo

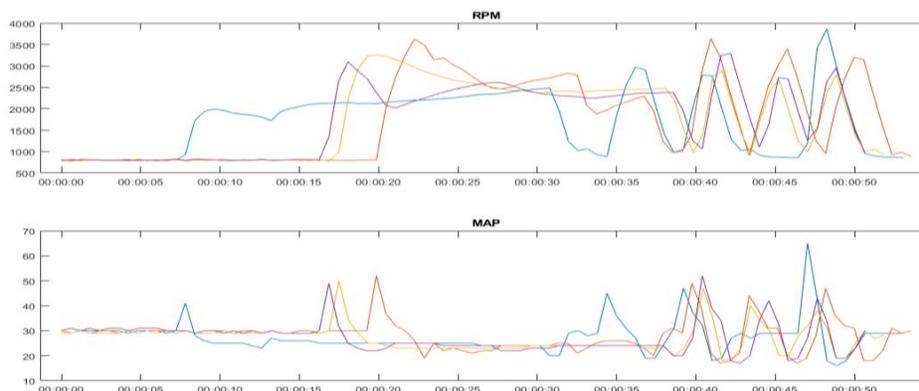


Nota. Entorno de Matlab R2021b educativo. Tomado de (Porras, 2018).

La plataforma de programación tiene la facilidad de analizar gráficas de manera amplia localizando puntos críticos y realizando una evaluación más óptima.

Figura 35

Generación de gráficas en Matlab R2021b versión educativa



Nota. En la figura 35, se observa la gráfica de RPM vs MAP donde se analiza en varios puntos.

En su monografía (Porrás, 2018) indica la composición del entorno de trabajo en el área de la plataforma de programación y cálculo numérico Matlab versión educativa, se describe a continuación:

Workspace

El workspace es una de las ventanas que se encuentra en la pantalla de inicio del software Matlab educativo, básicamente es una ventana en la cual se almacenan las variables que se han creado, aparte de borrar y crear variables, resulta fácil guardar todas las instrucciones que se han implementado en el comando Windows.

Current folder

Es una ventana en donde se puede visualizar los archivos existentes en la carpeta donde se guardan los datos necesarios junto a la programación.

Editor

Ventana principal de Matlab donde se realiza el código de programación.

Comand Windows

Se utiliza para introducir órdenes directamente por el usuario. Los resultados de las órdenes introducidas se muestran en esta misma pantalla. Cuando las órdenes se envían desde un programa previamente escrito, que en Matlab recibe el nombre de M-file, los resultados también aparecen en esta ventana.

Características de Matlab R2021b versión educativa

Según (Matlab, 2021) indica las características generales de la versión educativa de Matlab R2021b, y se detallan a continuación:

- Un potente programa que permite satisfacer las necesidades de los ingenieros en los cálculos

- Permite a los usuarios analizar datos, desarrollar algoritmos o crear modelos de manera altamente profesional
- Combina códigos, salida y texto formateado en un cuaderno ejecutable con Live editor.
- Convierte automáticamente los algoritmos de MATLAB a código C/C++, HDL y CUDA para ejecutarlos en un procesador integrado
- Extremadamente útil para aquellos trabajos de big data, aprendizaje automático y análisis de producción
- Ofrece visualizaciones de datos interactivas y altamente personalizadas
- Obtiene un potente diseñador de aplicaciones para crear aplicaciones profesionales sin tener que ser un desarrollador de software profesional
- Permite acceder, organizar, limpiar y analizar datos de una variedad de fuentes

Criterios generales Matlab versión educativa

Los criterios generales son muy importantes en la generación de códigos de programación en esta plataforma ya que se debe tener en cuenta los siguientes criterios, como se describe en la siguiente tabla 11.

Tabla 11

Criterios generales Matlab versión educativa

Criterio	Descripción
Streaming de datos y datos archivados / procesamiento de interfaces integradas	Almacenamiento en la nube, tecnología IoT y protocolos como REST, MQTT, OPC UA.
Algoritmos y análisis de IoT personalizados	Limpieza de datos, machine learning/deep learning, visión artificial, controles y optimización
Modelos basados en datos / modelos basados en la física	Controlar y optimizar elementos conectados y crear gemelos digitales

Análisis y modelos de Simulink en activos, dispositivos periféricos	Software basado en C/C++, HDL, PLC, GPU, .NET o Java.
Use ThingSpeak, plataforma para IoT	Prototipar y poner en marcha sistemas en pequeña escala

Nota. Criterios principales de la funcionalidad del Matlab versión educativa. Tomado de (MathWorks, 2022).

Requisitos del sistema para Matlab R2021b

En la tabla 12, se enlistan los requisitos del sistema para Matlab R2021b versión educativa todo esto según (Matlab, 2021)

Tabla 12

Lista de requisitos del sistema para Matlab en su versión educativa

Sistema operativo	Win, 7,8,10
Espacio libre en disco duro	25GB
Memoria instalada	8GB de RAM mínimo
Procesador	Procesador Core i5
Resolución mínima de pantalla	800x600
Tamaño del archivo	17 – 18,3 GB

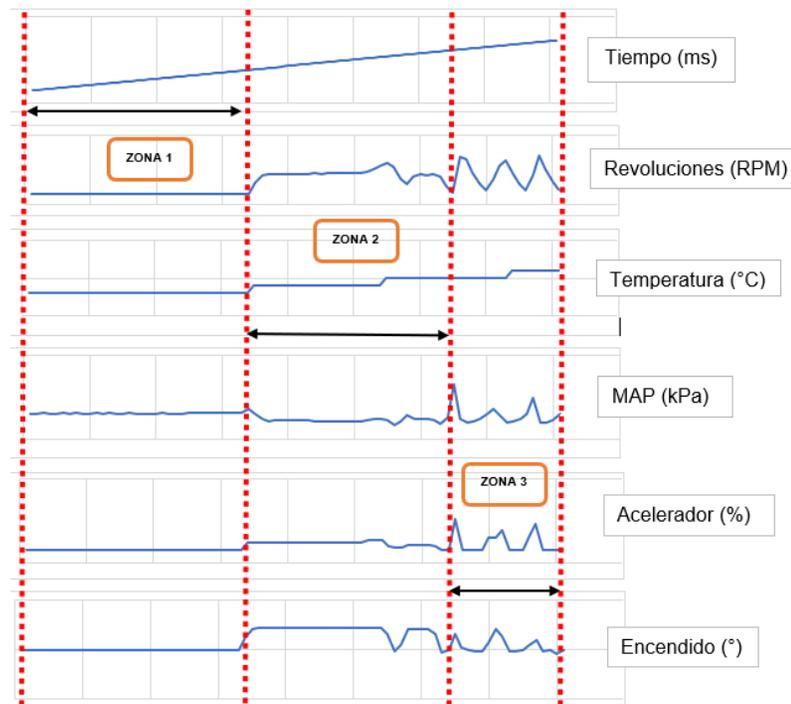
Nota. Requisitos del sistema recuperada de (Matlab, 2021)

Análisis gráfico por Matlab versión educativa

Para el desarrollo del análisis y descripción de gráficas es importante acotar tres secciones para evaluar el comportamiento de las gráficas mediante el uso de la plataforma de programación y cálculo numérico Matlab versión educativa, como se puede observar en la siguiente figura 36.

Figura 36

Análisis de zonas mediante Matlab versión educativa



Inteligencia artificial computacional

Según (Takeyas, 2007) indica que la inteligencia artificial computacional es la rama de la ciencia de la computación que se ocupa de la automatización de la conducta inteligente, además es conocida como “IA sub simbólica-inductiva” e “IA fuerte implica desarrollo o aprendizaje iterativo”. Este sistema se basa en el aprendizaje con datos empíricos. La IA computacional consta de varias herramientas para la toma de decisiones descritas a continuación:

- **Máquinas de soporte vectorial:** es un sistema que permite la identificación de patrones de gran importancia.
- **Redes neuronales:** un sistema con potencia de reconocimiento de datos.
- **Modelos ocultos de Márkov:** este modelo de aprendizaje en función en dependencia de eventos probabilísticos no utilizados en el campo automotriz.

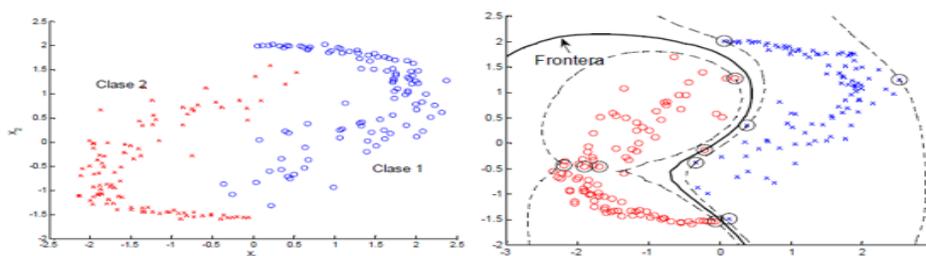
Máquina de soporte vectorial (SVM)

Es un novedoso algoritmo de clasificación de datos pronunciándose en años recientes. Las SVM se basan en la minimización de riesgo estructural (SRM). En muchas utilidades, las SVM demostró tener un alto nivel de eficiencia, aún más que el aprendizaje convencional como las redes neuronales. Las SVM han sido herramientas efectivas para la clasificación de datos. (Betancourt, 2005)

Según (Vacacela & Rivera, 2018) menciona que la idea principal del clasificador SVM es construir un hiperplano lineal en una dimensión alta (o incluso infinita) en la que todos los ejemplos no lineales puedan clasificarse con mayor precisión, además se utiliza en muchas aplicaciones del aprendizaje automático debido a su alta precisión y buenas capacidades de generalización.

Figura 37

Algoritmo SVM



Nota. Diferentes clases en función de los conjuntos de datos. Tomado de (Betancourt, 2005).

Redes neuronales artificiales (ANN)

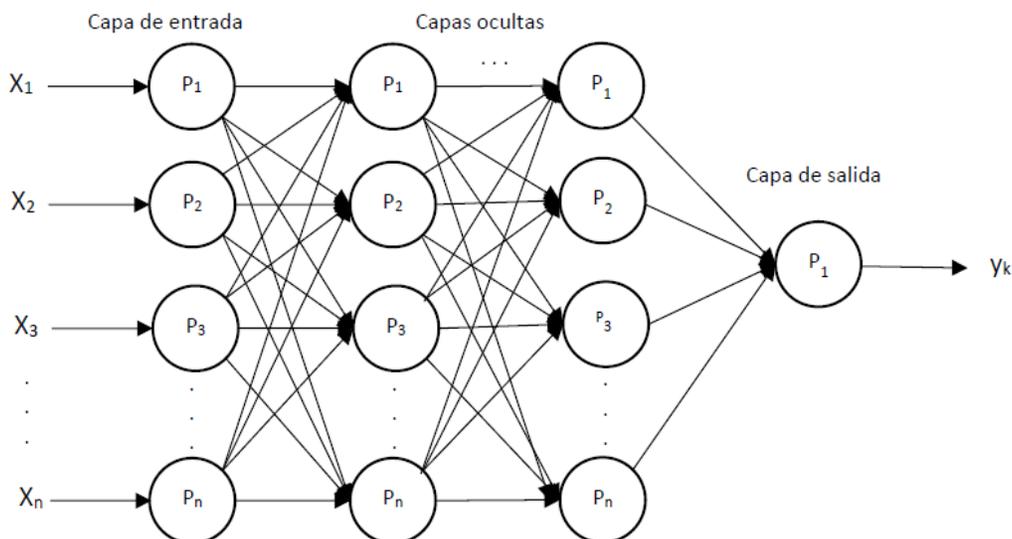
Según (Galindo et al., 2020) manifiesta que una red neuronal artificial es un modelo computacional que tiene por objetivo emular el comportamiento del cerebro al procesar conjunto de datos. Una red neuronal está compuesta por una colección de neuronas artificial, que son capaces de tener muchas variaciones, pero no todas tiene una estructura particular: una capa de entradas, una capa de salida, y varias capas intermedias (capas ocultas).

Relaciona un conjunto de entrada con unas salidas esperadas, y para este fin, utiliza métodos

de aprendizaje automáticos, los cuales calcular el error a través de la red y ajusta los costos y el umbral en cada iteración con el fin de acercar más a la salida calculada por la red con la salida real.

Figura 38

Algoritmo red neuronal



Nota. Red neuronal auto organizada. Tomado de (Galindo et al., 2020).

Clustering (agrupamiento)

En otras palabras, algoritmo de agrupamiento, consiste en agrupar un conjunto de vectores según la necesidad en clusters definidos para cumplir la necesidad de la aplicación. Usualmente el criterio aplicado para el agrupamiento suele ser la semejanza entre datos que agrupa los vectores en grupo y también es considerado un aprendizaje no supervisado dentro de la minería de datos. (Blanco & Sanz, 2016)

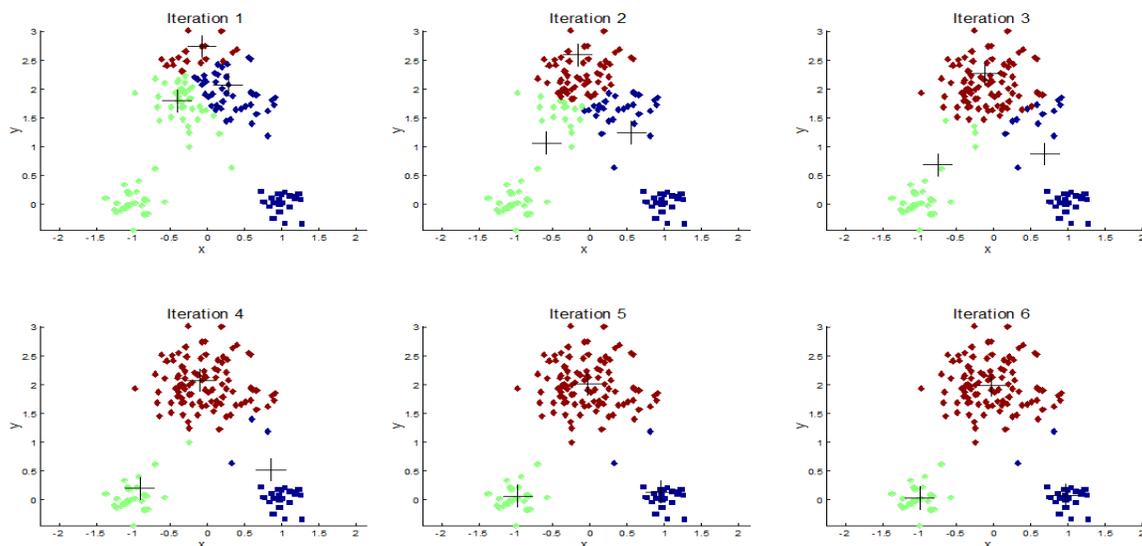
K-means

Se encarga de fraccionar los n objetos en k particiones (k siendo un valor arbitrario) sabiendo que un dato corresponde al cluster con la media menos distanciada. El algoritmo es capaz de definir k centroides arbitrariamente, luego establece a los datos al centro más unido.

Este se recalcula, una vez actualizado se repite el proceso de asignar los valores al más cercano y así hasta tener convergencia. (Vacacela & Rivera, 2018)

Figura 39

Algoritmo KN



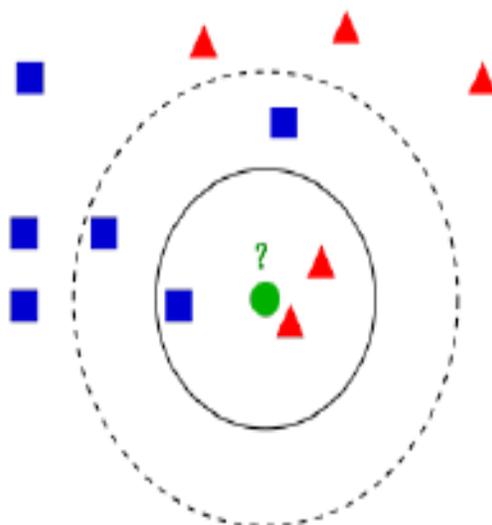
Nota. Iteraciones de aprendizaje no supervisado k-means. Tomado de (Blanco & Sanz, 2016).

K-nearest neighbors

Según (Blanco & Sanz, 2016) indica que en este algoritmo se decide el conjunto de población de datos masivos, teniendo en cuenta sus vecinos (información). Se determina a que cluster pertenece calculando a que cluster pertenece la mayor parte de sus vecinos k más próximo a él. Se trata de un algoritmo más simple de aprendizaje automático.

Figura 40

Algoritmo KNN



Nota. Criterio de los vecinos k más cercanos. Tomado de (Blanco & Sanz, 2016).

Estrategias de validación

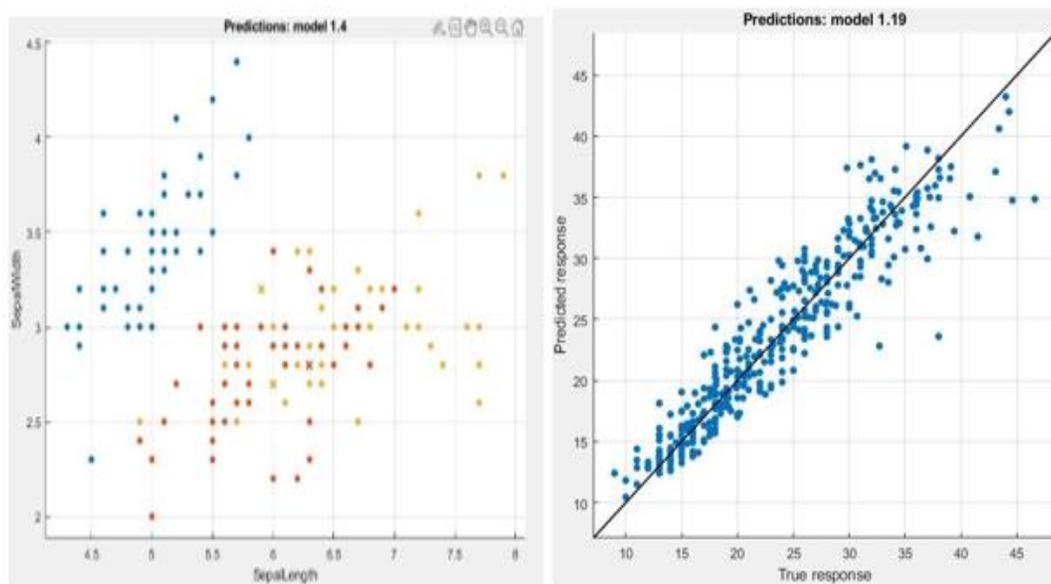
La validación cruzada es una técnica de evaluación de modelos utilizada para evaluar el rendimiento de un algoritmo de aprendizaje automático al hacer predicciones sobre nuevos conjuntos de datos en los que se ha entrenado. Esto se hace dividiendo el conjunto de datos conocido. Utilizando un subconjunto para entrenar el algoritmo y los datos restantes para la prueba. (MathWorks, 2022)

Leave one out cross validation (LOOCV)

Según (Rodrigo, 2016) indica como un método iterativo con su traducción “dejar uno fuera de la validación cruzada”, inicia empleando como conjunto de entrenamiento todas las observaciones disponibles excepto una, que se excluye para emplearla como validación. Si se emplea una única observación para calcular el error, este varía mucho dependiendo de que observación se haya seleccionado. Para evitarlo, el proceso se repite tantas veces como observaciones disponibles, excluyendo en cada iteración el error con dicha observación. Finalmente, el error estimado por el LOOCV es el promedio de todos los (i) errores calculados.

Figura 41

Validación de datos cruzada LOOCV



Nota. Aprendizaje automático mediante validación de datos cruzada. Tomado de (MathWorks, 2022).

Visual Studio Code

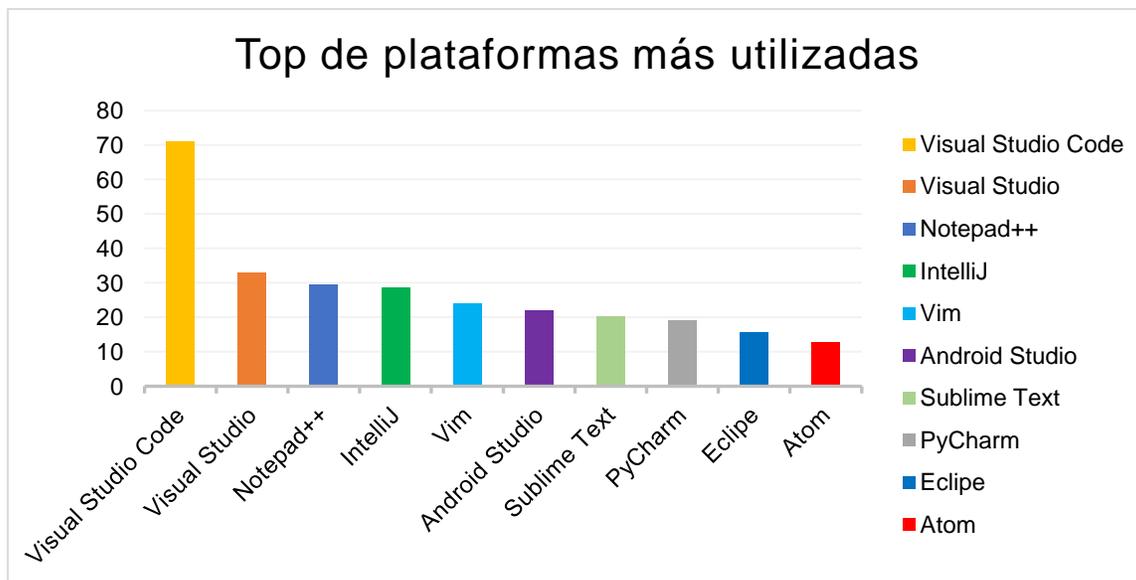
Definición

Visual Studio Code (VS Code) es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft. Es software libre y multiplataforma, está disponible para Windows, GNU/Linux y macOS. VS Code tiene una buena integración con Git, cuenta con soporte para depuración de código, y dispone de un sinnúmero de extensiones, que básicamente te da la posibilidad de escribir y ejecutar código en cualquier lenguaje de programación. (Flores, 2022)

En una encuesta realizada por Stack Overflow a más de 80 000 desarrolladores entre los meses de mayo de los años de 2021 a 2022, Visual Studio Code es el entorno de desarrollo más usado y con mucha diferencia, un 71,06%, en la figura 42, se observa el top 10 de los softwares más utilizados.

Figura 42

Top 10 de las plataformas de desarrollo más utilizadas

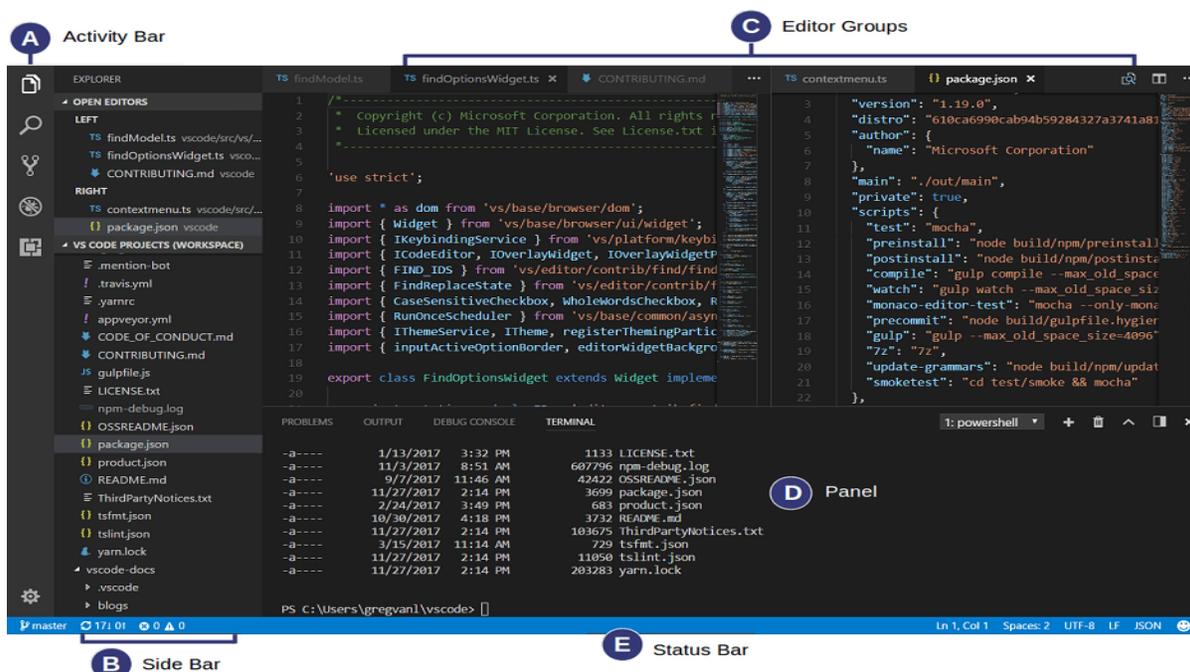


Nota. Tabulación top de las plataformas más utilizadas. Tomado de (Flores, 2022).

Entorno de Visual Studio Code

En esencia, Visual Studio Code es un editor de código, adapta una interfaz de usuario común y un diseño de un explorador a la izquierda, que muestra todos los archivos y carpetas a los que tiene acceso, y un editor a la derecha, que muestra el contenido de los archivos que ha abierto. (Visual Studio, 2022)

Figura 43
Entorno de VS Code



Nota. Interfaz de usuario de VS Code. Tomado de (Visual Studio, 2022).

Según (Visual Studio, 2022) menciona que la plataforma visual studio code viene con un diseño simple e intuitivo que maximiza el espacio provisto para el editor mientras deja un amplio espacio para navegar y acceder al contexto completo de la carpeta o proyecto. La interfaz de usuario se divide en cinco áreas:

- **Editor:** área principal para editar archivos. Puede abrir tanto editores como desee, uno al lado del otro, verticalmente y horizontalmente.
- **Barra lateral:** contiene diferentes vistas, como el explorador, para ayudar mientras se trabaja en un proyecto.
- **Barra de estado:** información sobre el proyecto abierto y los archivos que se editan.
- **Barra de actividad:** ubicada en el extremo izquierdo, permite cambiar entre vistas y brinda indicadores adicionales específicos del contexto, como la cantidad de cambios salientes cuando Git está habilitado.

- **Paneles:** puede mostrar diferentes paneles debajo de la región del editor para obtener información de salida o depuración, errores y advertencias, o un terminal integrado. El panel también se puede mover hacia la derecha para obtener más espacio vertical.

Vacuómetro

Es un instrumento utilizado para detectar fallas mecánicas en el motor (capacidad de succión del motor de combustión interna). Es un aliado muy importante en la detención de falla tanto en un motor a inyección electrónica como de un motor a carburador ya que nos permite medir el vacío en el múltiple. Además de esto se puede detectar fallas como problemas del encendido, fugas por juntas en el múltiple de admisión, problemas en válvulas, etc. (Erazo & Quiroz, 2010)

Figura 44

Acoples del instrumento de medida de vacío



Nota. Conjunto vacuómetro cañería y acoples. Tomado de (Vacuómetros, 2020).

La presión atmosférica es una magnitud de la fuerza que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. La mayor cantidad de los motores, en ralentí los valores de vacío se encuentran entre 400 y 500 mm de mercurio, a nivel del mar. Este valor será menor según la

altura que se encuentre el vehículo, este se debe tener en cuenta para la interpretación de las lecturas del vacuómetro al determinar la avería en el motor. (Lopez, 2019)

Manejo del vacuómetro

Según (Erazo & Quiroz, 2010) indica el siguiente procedimiento para el uso del vacuómetro automotriz:

1. Encender el motor de combustión interna
2. El motor de combustión interna debe estar en una temperatura normal de trabajo. (70 °C - 95 °C)
3. Apagar el motor de combustión interna
4. El vehículo debe estar en neutro y con freno de mano (asegurar el vehículo)
5. Ubicar la toma de vacío en el servo freno o en el múltiple de admisión
6. Conectar el vacuómetro en la toma adecuada
7. Observar la medición cuando el vehículo es encendido (ralentí 750 – 900 rpm), luego acelerando progresivamente y por último de forma brusca.
8. Si la aguja permanece estable quiere decir que el vehículo se encuentra en un buen estado y si tiene pulsaciones tiene defectos mecánicos.

Funcionamiento

Un motor en buenas condiciones debería producir entre 17-21 in-Hg (nivel del mar) durante la aceleración brusca, la lectura aproximada debe ser 0 in-Hg, durante la desaceleración debe llegar a 21-27 in-Hg. (Erazo & Quiroz, 2010)

En la figura 45, arranque el motor y regule la chispa en su temperatura de funcionamiento, buscando el menor valor de emisiones del motor según valores dados por el manual del fabricante o normas del medio ambiente. (Lopez, 2019)

Condiciones de uso

Las lecturas del vacuómetro deben ser tomadas como un elemento más en el diagnóstico y no como el único dato. (Angulo, Gómez, & Estrada, 2018)

Según (Lopez, 2019) interpreta de la siguiente manera las lecturas del vacuómetro de la figura 45, a continuación:

Condición normal. El indicador se estabiliza entre 400 a 500 mm-Hg (15 y 20 inHg) de acuerdo al motor y la altura sobre el nivel del mar. Tener presente que estos valores disminuyen según a la altura que se encuentre. En la apertura y bloqueo progresivo de la mariposa de aceleración, el vacío disminuye de 100 a 150 mm-Hg, al estabilizarse alcanza su valor normal.

Problemas de encendido. Sí el indicador presenta oscilaciones de 25 mm-Hg (1 inHg) más baja que el valor normal de la velocidad mínima, se entiende que tiene mal encendido por el defecto de las bujías, fallas del distribuidor, cables sueltos, bobina en mal estado, etcétera. Si el indicador oscila de 14 a 16 in-Hg, indica que los electrodos de las bujías se encuentran muy cerrados. Si el indicador desciende por instantes de 5 a 6 in-Hg, indica una compresión mínima, requiere mantenimiento del sistema de encendido.

Tiempo de encendido. Sí el motor en velocidad mínima registra un valor estable de 25 a 75 mm-Hg (1 y 3 in-Hg) más bajo que el recomendado indica que tiene la chispa atrasada. Y si el valor es más alto que el recomendado indica que tiene la chispa adelantada, Cambie el tiempo de encendido según el fabricante. Una lectura estable menor a 16 mm-Hg demuestra una fuga de vacío por manguera, empaque o rajadura.

Asientos de válvulas desgastados. En velocidad mínima, la lectura del Vacuómetro demuestra valores bajos intermitentes de vacío de 50 mm-Hg (2 in-Hg). Realice una prueba de estanqueidad para ver si las válvulas presentan daño. Si presenta intermitencia de 14 a 19 in-Hg, indica desgaste en las guías de válvula y golpean las válvulas de admisión cuando van a cerrar.

Filtro de aire saturado y/o Mariposa de aceleración bloqueada. Sí indica un valor alto y estable mayor a 525 mm-Hg (21 in-Hg), demuestra obstrucción en la admisión de aire. Puede que el filtro esté obstruido por suciedad, grasa o tiene la mariposa atascada.

Problemas con resortes de válvulas. Sí la lectura del Vacuómetro oscila de 250 a 550 mm-Hg (10 a 22 in-Hg) al aumentar las revoluciones del cigüeñal, será un resorte dañado.

Figura 45

Comportamiento de la aguja



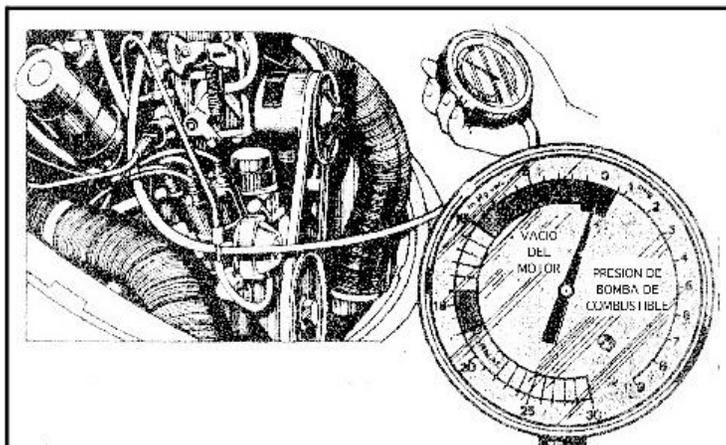
Nota. Lectura del vacuómetro. Tomado de (Lopez, 2019).

Consideraciones del vacuómetro

El vacuómetro, figura 46, es indispensable para detectar problemas mecánicos internos del motor, desgaste de los cilindros, válvulas, guías; así como también fallas en el reglaje del encendido y sistema de alimentación, especialmente en lo que se refiere a fugas por las juntas del múltiple de admisión y el cabezote. (Erazo & Quiroz, 2010)

Figura 46

Medición con el vacuómetro



Nota. Medición con el vacuómetro. Tomado de (Erazo & Quiroz, 2010).

El vacuómetro tiene una escala para la comprobación de presión para las bombas de alimentación, esta escala no se utiliza sistemas de inyección de gasolina, debido a que no satisface las necesidades del subsistema hidráulico de alimentación. (Erazo & Quiroz, 2010)

Diagnostico por vacuómetro mediante tabla estandarizada

En la siguiente tabla 13, se puede observar el diagnóstico del motor de combustión interna a gasolina, mediante lecturas del vacuómetro.

Tabla 13

Diagnóstico de motor de combustión interna a gasolina mediante vacuómetro

No.	Velocidad Motor	Lectura del vacuómetro (inHg)	Posible Causa
1	Ralentí suave y regula (800 a 1200 RPM)	Entre 17 y 21 inHg	El motor está en buena condición, para llevar a cabo la próxima prueba para asegurarse de que no haya otros problemas.
2	Apretar y soltar rápidamente el acelerador	Salta de 2 hasta unas 25 inHg	El motor está bien.

No.	Velocidad Motor	Lectura del vacuómetro (inHg)	Posible Causa
3	Ralentí suave y regular	Lectura estable, pero más baja de lo normal	Aros, pistones o cilindros desgastados, llevar a cabo la próxima comprobación para asegurarse.
4	Apretar y soltar rápidamente el acelerador	Salta de 0 a 22 inHg	Confirma desgastes en aros, etc.
5	Ralentí normal	La lectura baja intermitentemente unas 3 a 5 inHg y vuelve a la normalidad	Válvulas que se pegan o resorte de válvula roto.
6	A 3000 RPM	La aguja fluctúa rápidamente, si se eleva la velocidad del motor la fluctuación es más pronunciada	Resortes de válvulas débiles.
7	Ralentí normal	Fluctúa rápidamente entre 14 y 19 inHg	Guías de válvulas de admisión desgastadas, pero excesivo movimiento de la aguja a cualquier velocidad puede indicar fugas en junta de tapa de cilindros.
8	Ralentí normal	Caída de lectura constante	Válvula quemada o parcialmente abierta o fallo esporádico de alguna bujía.
9	Ralentí normal	Regular 8 a 14 inHg	Distribución fuera de su punto, fugas de vacío y/o baja compresión.
10	Ralentí normal	Regular 14 a 16 inHg	Mala puesta a punto del encendido.
11	Ralentí normal	Oscilando entre 14 a 16 inHg	Holgura de bujías demasiado pequeñas o platinos no bien ajustados.
12	Ralentí normal	Oscilando entre 5 a 19 inHg	Fugas de compresión entre cilindros.
13	Ralentí normal	Regular por debajo de 5 inHg	Fugas en múltiple de admisión o junta entre carburador y múltiple

No.	Velocidad Motor	Lectura del vacuómetro (inHg)	Posible Causa
14	Ralentí normal	Flota lentamente entre 12 y 16 inHg	Mezcla o carburador desajustado. Esto está normalmente acompañado por un ralentí irregular.
15	Abrir acelerador de golpe	Lectura cae rápidamente a cero y retorna a normal	Esto es normal, significa que el sistema de escape está libre.
16	Abrir acelerador de golpe	Caída lenta de la aguja y vuelta a lectura normal lentamente	Silenciador o catalizador bloqueado.

Nota. Tabla estandarizada de diagnóstico por vacío. Tomado de (Rober, 2022)

Capítulo III

Diseño y Construcción del módulo genérico de diagnóstico y aplicación web Blynk

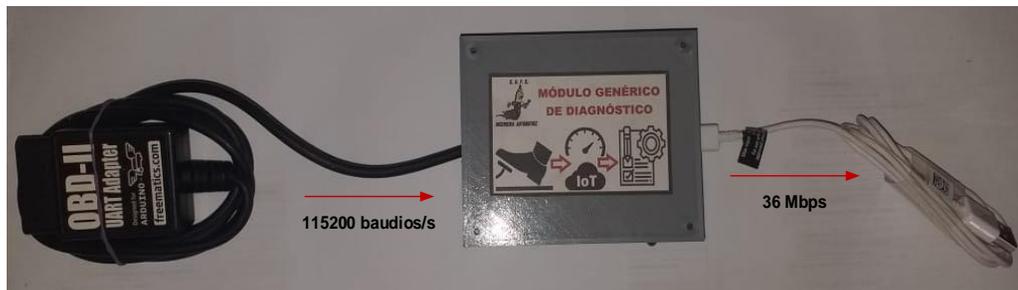
Requerimientos generales de diseño para el monitoreo electrónico

Los requerimientos necesarios para el diseño e implementación del módulo genérico de diagnóstico y aplicación web Blynk son los siguientes:

Tabla 14

Requerimientos necesarios del módulo genérico de diagnóstico

Requerimientos para el diseño del módulo genérico de diagnóstico



Descripción	Valor	Unidades
Microcontrolador ESP32	3,3	Voltios
Adaptador OBD-II para arduino	5	Voltios
Luz piloto de funcionamiento	2,4	Voltios
Resistencia	10	Ohms
Velocidad de comunicación	115200	Baudios/s
Cable micro USB 2.0	5	Voltios
Despliegue de datos	250 – 500	Mbps
Transferencia de datos USB	36	Mbps
Procesador mínimo (RAM)	8	GB

Nota. Requerimientos necesarios para el diseño del módulo.

Conexión de 16 pines del adaptador OBD-II UART V1 para arduino con salida de cuatro cables, dos líneas de datos (Tx/Rx) con velocidad de comunicación de 115200 baudios/s con extracción y despliegue de datos de 250 Mbps a 500 Mbps, alimentación de 5 voltios y el último cable es GND. Con correspondencia hacia un módulo microcontrolador Node MCU ESP 32 con

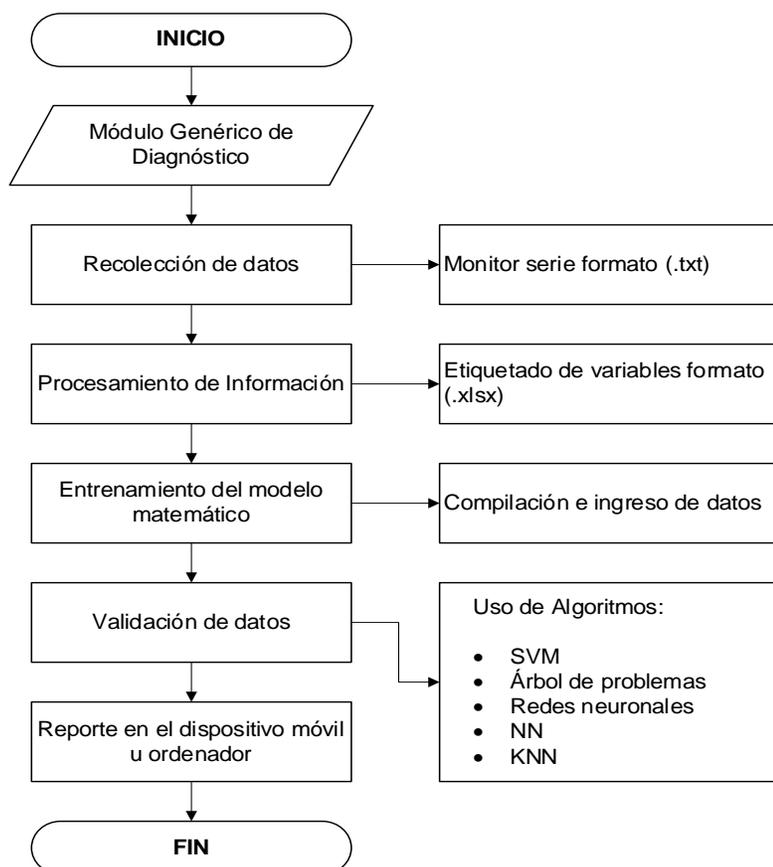
voltaje de trabajo de 3,3 – 5 voltios conectado a un diodo led color verde que cumple la función de luz piloto de funcionamiento con voltaje de 2,4 voltios, contiene una protección de 10 ohms. Conectado a un cable micro USB 2.0 de 5 voltios con transferencia de datos de 36 Mbps el cual se comunica por medio de un ordenador con un procesador mínimo de 8 GB de RAM, con la activación y ejecución de plataformas de programación y cálculo numérico versión educativa. Reportando el despliegue de datos mediante una aplicación web adaptable a todo dispositivo móvil u ordenador con características del equipo mencionadas anteriormente.

Desarrollo del proceso de diagnóstico

En la siguiente figura 47, se observa cómo es el proceso de diagnóstico a partir de la recolección de datos.

Figura 47

Diagrama de flujo del proceso de diagnóstico



Es importante recurrir al siguiente proceso para poder tener un nivel de certeza fiable, de la misma forma, un diagnóstico acertado.

1. Recolección de datos en formato (.txt)
2. Procesamiento y etiquetado mediante hojas de cálculo (.xlsx)
3. Entrenamiento mediante modelo matemático
4. Validación de datos mediante algoritmos
5. Comunicación de datos y diagnóstico al dispositivo móvil u ordenador.

Selección de componentes eléctricos-electrónicos

ESP32 DEVKIT V1 30 Pines

Para el desarrollo del módulo genérico de diagnóstico, se seleccionó el microcontrolador ESP32 DEVKIT V1 30 Pines, disponible en el mercado y por su consumo de energía bajo, además que está diseñado para diversas aplicaciones con tecnología IoT, adicionalmente, cuenta con un sistema de comunicación Wi-Fi y Bluetooth.

Esté microcontrolador tiene una configuración interna para que el micro USB sirva como una salida serie, de este modo no exista la necesidad de usar un microcontrolador adicional para poder extraer los datos y manipular los comandos AT en otra salida o puertos seriales.

(Freematics, 2022) menciona que arduino UNO o Nano solo tiene una serie de hardware que también es utilizada por la serie USB. Evite usar la salida en serie si el adaptador está conectado al hardware en serie. arduino Leonardo, Mega, Due no tienen este límite.

Adaptador Freematics OBD-II UART (para arduino)

El adaptador OBD-II para arduino seleccionado para la presente investigación es el UART V1, por disponibilidad en el mercado, además, por su estructura de comunicación rápida, así mismo, con funciones amplias de acceso, manipulación y bibliotecas de respaldo proporcionada.

Tabla 15

Diferencias entre los modelos de adaptadores Freematics OBD-II

Característica\Modelos	Adaptador OBD-II	Adaptador OBD-II	Adaptador OBD-II
	UART V1	UART V2	II UART V2.1
Cable de conexión	Fijado	Fijado	Desconectable
Interfaz adicional	N / A	micro USB	micro USB
Sensor de movimiento	N / A	6-DOF MPU-6050	9-DOF MPU-9250
Voltímetro	Sí	Sí	Sí
Máx. Potencia de salida	2A	2.1A	2.1A
Alimentación en modo de espera	5mA	6mA	6mA
Costo unitario	\$ 57.86	\$ 67.86	\$ 87.00
Imagen			

Nota. En la tabla 15 se presentan las diferencias de los adaptadores Freematics OBD-II de la cual se seleccionará el adaptador que más prestaciones tenga para la presente investigación. Tomado de (Freematics, 2022)

Además, el adaptador OBD-II para arduino va a soportar por las características un voltaje de 12 voltios y una salida de 5 voltios, con una potencia de salida máxima de 2 amperios y alimentación en modo de espera de 5 miliamperios.

Cable de transferencia de datos USB micro b 2.0

Los cables USB micro son utilizados por dispositivos para transferir datos desde el ordenador a los dispositivos electrónicos según sea su aplicación, para la transferencia de los PID's con el adaptador OBD-II UART V1 y el microcontrolador ESP32 DEVKIT V1, es necesario

una velocidad de transmisión de 36 Mbps, además que permite una potencia de salida de (5V / 2A).

Tabla 16

Características del cable de transferencia de datos USB micro B 2.0

Características generales	
Tipo de conector	USB, Micro USB, USB 2.0
Velocidad máxima de transferencia de datos	60 MB/s
Velocidad mínima de transferencia de datos	35 MB/s
Imagen	

Nota. En la tabla 16, se presenta las características del cable de transferencia de datos USB micro B 2.0. Tomado de (Fernández, 2021)

Selección de plataformas de programación

Se selecciona las plataformas de programación arduino IDE y educativa versión educativa por su lenguaje de programación, estructura, suficiencia práctica y funciones con capacidad de cumplir las necesidades del proyecto de investigación.

Arduino IDE

Esta plataforma de programación es sumamente sencilla, ya que cuenta con un lenguaje de programación accesible, de hecho, su uso es libre.

Los datos que se van a extraer de la unidad de control electrónica, inicialmente son datos de PID hexadecimales, entonces mediante esta plataforma de programación se puede extraer de forma decimal con unidades en tiempo real, a través de la ventana monitor serie, además en la configuración se ajusta la velocidad de comunicación serie a 115200 baudios.

Matlab R2021b versión educativa

En la presente investigación se necesita entrenar al módulo genérico de diagnóstico por medio de algoritmos de inteligencia artificial, se seleccionó esta plataforma de programación y cálculo numérico por que usa un entorno de producción súper amplia, modalidad de funciones en aprendizaje automático, validación de datos y ejecución de algoritmos de manera precisa, rápida, adicionalmente genera modelos matemáticos con una funcionalidad fácil de recordar.

Visual Basic Code

El despliegue de datos se verá reflejado en una aplicación web, es decir los datos extraídos y el reporte del estado del motor de combustión interna a gasolina se visualiza en dicha aplicación. Por tanto, se seleccionó Visual Studio Code por ser una plataforma libre y disponible para cualquier sistema operativo además dispone de un lenguaje de programación variado y manipulable

Activación módulo OBDII

Para activar el módulo se realiza una prueba que sincroniza las revoluciones por minuto del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica con el estadillo del diodo led que contiene el microcontrolador ESP32 DEVKIT V1.

Programación prueba 3000 RPM

Esté es un indicador de RPM del motor más simple, que usa el pin 13 LED (integrado en cada placa arduino) para indicar si el motor está por encima de 3000 rpm. (Freematics, 2022)

Tabla 17

Código de programación prueba de RPM

```
#include <OBD2UART.h>

COBD obd;

void setup()
{
  // we'll use the debug LED as output
  pinMode(13, OUTPUT);
```

```

// start serial communication
obd.begin();
// initiate OBD-II connection until success
while (!obd.init());
}

void loop()
{
  int value;
  // save engine RPM in variable 'value', return true on success
  if (obd.readPID(PID_RPM, value)) {
    // light on LED on Arduino board when the RPM exceeds 3000
    digitalWrite(13, value > 3000 ? HIGH : LOW);
  }
}

```

Nota. Código de programación que ejecuta el estadillo del diodo LED del microcontrolador arduino. Tomado de (Freematics, 2022)

Elección de tiempo para el procedimiento de extracción de datos

Cada vehículo maneja una velocidad de comunicación diferente que pueden ser de: 125, 250, 500 y 1000 kbps, por lo que se establece un tiempo estimado para realizar el procedimiento correcto, con el fin de que al extraer los PID's tengan una cantidad de datos en un margen de intervalos casi iguales con los demás vehículos OBD-II compatibles con el adaptador.

Tabla 18

Estimación de tiempos para el procedimiento de diagnóstico por vacío

Transmisión de datos / tiempo	Definición de tiempos						Tiempo total (s)	Tiempo estimado (s)
	Tiempo de espera (s)	Tiempo reacción módulo (s)	Tiempo prueba ralentí (s)	Tiempo prueba aceleración progresiva (s)	Tiempo prueba aceleración brusca (s)	Tiempo total (s)		
Vehículos con velocidad de comunicación de datos baja	15	15	35	15	10	90	60	
Vehículos con velocidad de comunicación de datos alta	15	15	30	10	5	75	45	

Nota. Tiempo estimado que usa cada vehículo respecto a la velocidad de comunicación de los datos del módulo de control electrónico.

Tipos de protocolo de comunicación compatibles

Para la presente investigación se utilizó 14 vehículos de marcas demandantes en el Ecuador como son: Chevrolet, Hyundai, Kia, Great Wall, entre otros. Por otra parte, vehículos como son Toyota, Nissan, Renault, etc., contienen por fabricante un tipo de protocolo de comunicación diferente. A continuación, en la tabla 16, se indica la marca del vehículo y el tipo de protocolo de comunicación que usa cada vehículo

Tabla 19

Protocolos de comunicación compatibles con el adaptador OBD-II

Datos técnicos vehículos de datos DLC - OBDII								
Ord.	Marca	Referencia fotográfica	Modelo	Cilindraje	Año Modelo	DLC	Tiempo	Protocolo
1	KIA		SPORTAGE GL AC 2.0 5P 4X2 TM	2000	2022		45 s	ISO 15765 CAN
2	CHEVROLET		BEAT LS AC 1.2 4P 4X2 TM	1206	2020		45 s	ISO 15765 CAN
3	CHEVROLET		SAIL LS AC 1.4 4P 4X2 TM	1399	2019		60 s	ISO 9141 K-LINE
4	KIA		RIO LX AC 1.4 4P 4X2 TM	1368	2019		45 s	ISO 15765 CAN

Datos técnicos vehículos de datos DLC - OBDII

5 CHEVROLET



AVEO FAMILY
STD TM1.5 4P
4X2 1500

2013



60 s

ISO 9141
K-LINE

6 KIA



RIO LX AC 1.6
4P 4X2 TM 1600

2018



45 s

ISO
15765
CAN

7 CHEVROLET



AVEO ACTIVO
1.4L 4P STD 1400

2007



60 s

ISO 9141
K-LINE

8 CHEVROLET



AVEO ACTIVO
1.6L 5P STD 1600

2011



60 s

ISO9141
K-LINE

9 HYUNDAI



I10 5DR 1.1
AC 1100

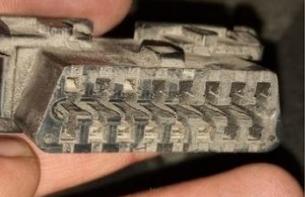
2011



45 s

ISO
15765
CAN

Datos técnicos vehículos de datos DLC - OBDII

10	HYUNDAI		GRAND I10 HB 1.2 5P TM	1200	2019		45 s	ISO 15765 CAN
11	DFSK		C37 AC 1.4 4P 4X2 TM	1375	2014		60 s	ISO 15765 CAN
12	CHEVROLET		AVEO EMOTION GLS AC 1.6 4P 4X2 TM	1598	2016		45 s	ISO 9141 K-LINE
13	KIA		PICANTO FL LX 1.1L 5P	1100	2010		45 s	ISO 9141 K-LINE

Datos técnicos vehículos de datos DLC - OBDII

14	GREAT WALL		WINGLE AC 2.4 CD 4X2 TM	2378	2019		60 s	ISO 15765 CAN
----	------------	---	-------------------------------	------	------	---	------	---------------------

Nota. En la tabla 19, se observa los tipos de vehículos compatibles con el adaptador OBD-II.

Diseño de programación

En la presente investigación es importante tomar en cuenta las variables propuestas para realizar un análisis satisfactorio y con un margen de error no tan amplio, por consiguiente, se establece los siguientes PID's: PID_RPM, PID_COOLANT_TEMP, PID_INTAKE_MAP, PID_THROTTLE, PID_TIMING_ADVANCE, para establecer un procedimiento óptimo para la obtención de datos.

Código de programación lectura de PID's requeridos

Una vez ejecutado el código de programación de la extracción de PID's del módulo de control electrónico, en la ventana monitor serie se verá reflejado los valores en tiempo real con su unidad correspondiente.

En la función "static const byte pids[]" nos permite seleccionar y escoger los PID's que se necesite, luego digitarlos manualmente.

Tabla 20

Código de programación para la lectura de PID's

```
#include <OBD2UART.h>
#ifdef ARDUINO_AVR_UNO
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial(A2, A3);
#else
#define mySerial Serial
#endif

COBD obd;
bool hasMEMS;

void testATcommands()
{
    static const char cmds[][6] = {"ATZ\r", "ATI\r", "ATH0\r", "ATRV\r", "0100\r",
    "010C\r", "0902\r"};
    char buf[128];

    for (byte i = 0; i < sizeof(cmds) / sizeof(cmds[0]); i++) {
        const char *cmd = cmds[i];
        mySerial.print("Sending ");
        mySerial.println(cmd);
        if (obd.sendCommand(cmd, buf, sizeof(buf))) {
            char *p = strstr(buf, cmd);
            if (p)
                p += strlen(cmd);
        }
    }
}
```

```

        else
            p = buf;
            while (*p == '\r') p++;
            while (*p) {
                mySerial.write(*p);
                if (*p == '\r' && *(p + 1) != '\r')
                    mySerial.write('\n');
                p++;
            }
            mySerial.println();
        } else {
            mySerial.println("Timeout");
        }
        delay(1000);
    }
    mySerial.println();
}

void readPIDSsingle()
{
    int value;
    mySerial.print('[ ');
    mySerial.print(millis());
    mySerial.print('] ');
    mySerial.print("RPM=");
    if (obd.readPID(PID_RPM, value)) {
        mySerial.print(value);
    }
    mySerial.println();
}

void readPIDMultiple()
{
    static const byte pids[] = {PID_RPM, PID_COOLANT_TEMP, PID_INTAKE_MAP,
PID_THROTTLE, PID_TIMING_ADVANCE, PID_BAROMETRIC};
    int values[sizeof(pids)];
    if (obd.readPID(pids, sizeof(pids), values) == sizeof(pids)) {
        //mySerial.print('[ ');
        mySerial.print(millis());
        mySerial.print(', ');
        for (byte i = 0; i < sizeof(pids) ; i++) {
            //mySerial.print((int)pids[i]);
            //mySerial.print('=');
            mySerial.print(values[i]);
            mySerial.print(', ');
        }
        mySerial.println();
    }
}

void readBatteryVoltage()
{
    mySerial.print('[ ');
    mySerial.print(millis());
    mySerial.print('] ');
    mySerial.print("Battery:");
    mySerial.print(obd.getVoltage(), 1);
    mySerial.println('V');
}

void readMEMS()
{
    int16_t acc[3] = {0};

```

```

int16_t gyro[3] = {0};
int16_t mag[3] = {0};
int16_t temp = 0;

if (!obd.memsRead(acc, gyro, mag, &temp)) return;

mySerial.print('[');
mySerial.print(millis());
mySerial.print(']');

mySerial.print("ACC:");
mySerial.print(acc[0]);
mySerial.print('/');
mySerial.print(acc[1]);
mySerial.print('/');
mySerial.print(acc[2]);

mySerial.print(" GYRO:");
mySerial.print(gyro[0]);
mySerial.print('/');
mySerial.print(gyro[1]);
mySerial.print('/');
mySerial.print(gyro[2]);

mySerial.print(" MAG:");
mySerial.print(mag[0]);
mySerial.print('/');
mySerial.print(mag[1]);
mySerial.print('/');
mySerial.print(mag[2]);

mySerial.print(" TEMP:");
mySerial.print((float)temp / 10, 1);
mySerial.println("C");
}

void setup()
{
  mySerial.begin(115200);
  while (!mySerial);

  for (;;) {
    delay(1000);
    byte version = obd.begin();
    mySerial.print("Freematics OBD-II Adapter ");
    if (version > 0) {
      mySerial.println("detected");
      mySerial.print("OBD firmware version ");
      mySerial.print(version / 10);
      mySerial.print('.');
      mySerial.println(version % 10);
      break;
    } else {
      mySerial.println("not detected");
    }
  }

  hasMEMS = obd.memsInit();
  mySerial.print("MEMS:");
  mySerial.println(hasMEMS ? "Yes" : "No");

  do {
    mySerial.println("Connecting...");

```

```

} while (!obd.init());
mySerial.println("OBD connected!");

char buf[64];
if (obd.getVIN(buf, sizeof(buf))) {
    mySerial.print("VIN:");
    mySerial.println(buf);
}

uint16_t codes[6];
byte dtcCount = obd.readDTC(codes, 6);
if (dtcCount == 0) {
    mySerial.println("No DTC");
} else {
    mySerial.print(dtcCount);
    mySerial.print(" DTC:");
    for (byte n = 0; n < dtcCount; n++) {
        mySerial.print(' ');
        mySerial.print(codes[n], HEX);
    }
    mySerial.println();
}
delay(1000);
mySerial.println("-----OBTENCIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL-----");
mySerial.println("Tiempo (ms) ,Revoluciones (RPM) ,Temperatura (C) ,MAP (kPa) ,Acelerador (%)
,Encendido(°) , Pbar (kPa)");
}

void loop()
{
    readPIDMultiple();
}

```

Nota. Código de programación estructurada con las librerías correspondientes del adaptador OBD-II UART V1. Tomado de (Freematics, 2022)

Diseño eléctrico electrónico

En la figura se puede observar cómo es el diseño eléctrico electrónico del módulo genérico de diagnóstico. En general la conexión es de 16 pines con salida de 5 voltios (cada dispositivo tiene fuente de energía propia), línea de datos y por último el equipo u ordenador trabajo con 12-14 voltios.

Figura 48

Diseño eléctrico electrónico del módulo genérico

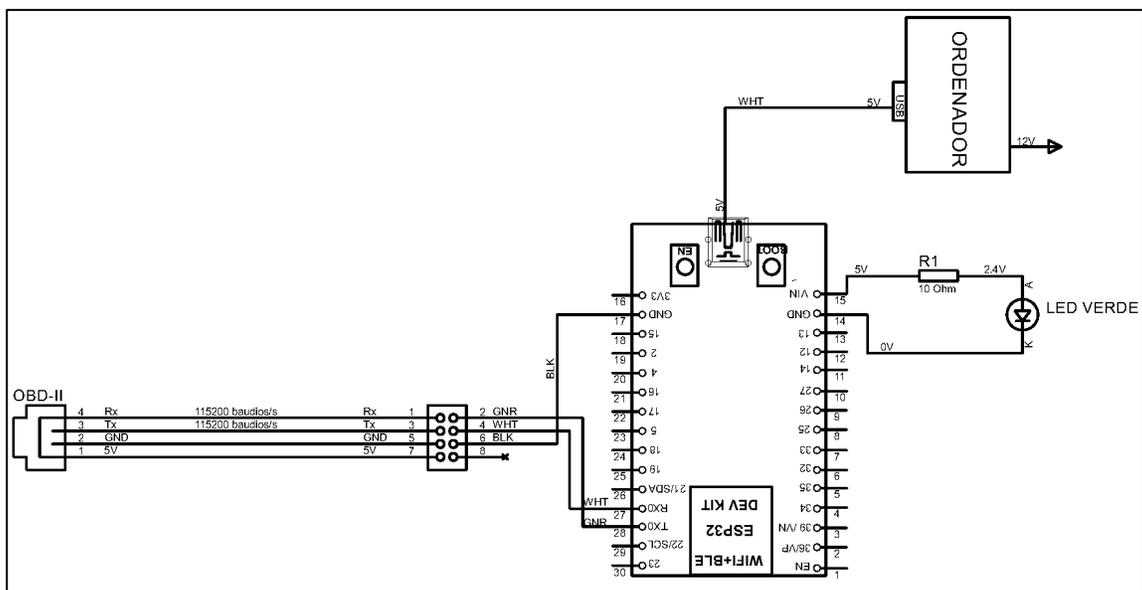


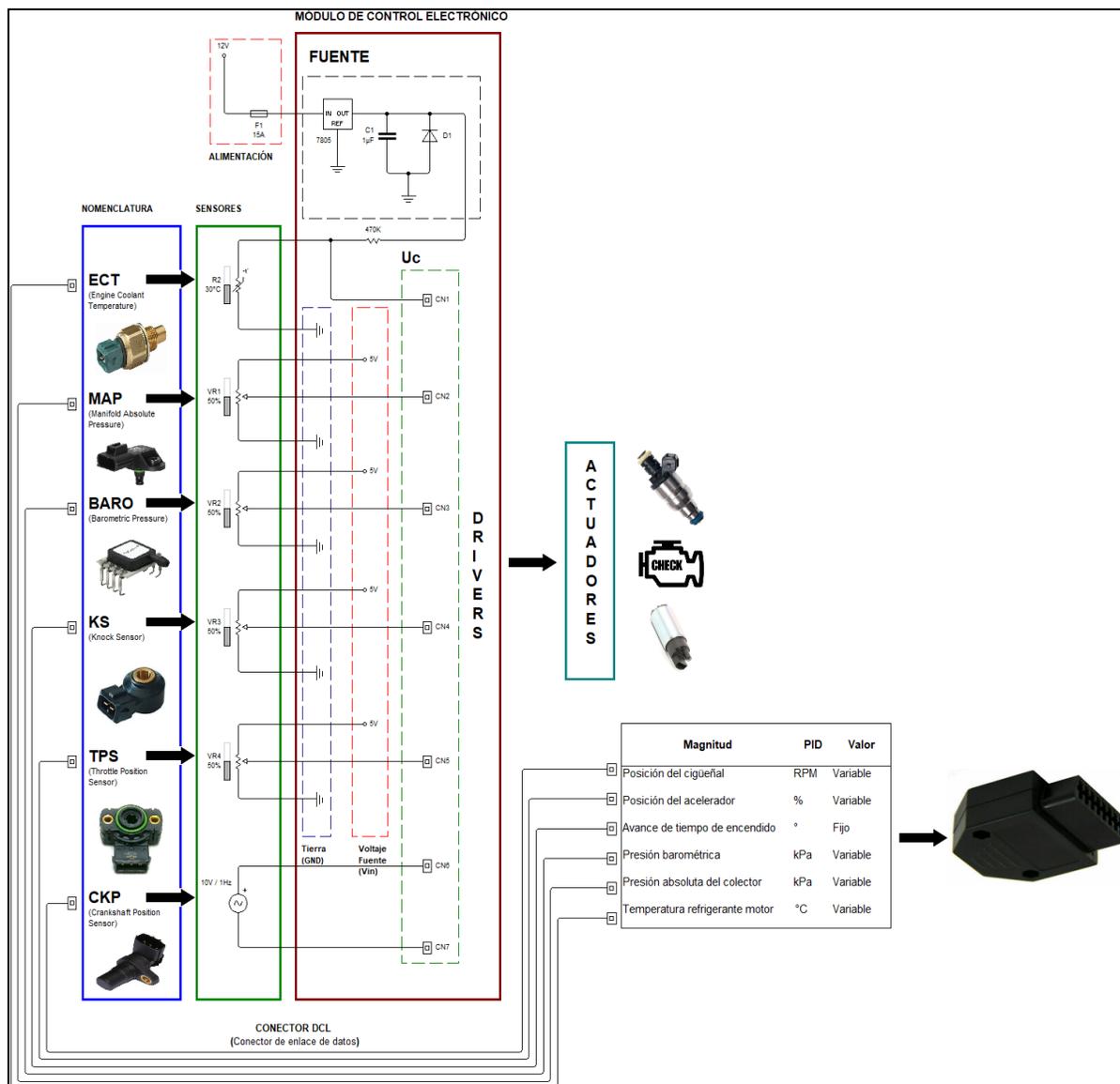
Diagrama eléctrico módulo de control electrónico – PID's

En el siguiente diagrama eléctrico se puede observar la configuración interna del módulo de control electrónico, principalmente la extracción los valores de los PID's mediante los sensores (variables requeridas) para la presente investigación.

Hay que tener en cuenta, que la mayoría de vehículos utilizados para la presente investigación no contienen acelerador electrónico, ni tampoco el sensor de presión barométrica. Por lo tanto, se estableció un valor fijo de 71 kPa de presión barométrica, de la misma forma, varía los datos que contienen acelerador por cable.

Figura 49

Diagrama eléctrico módulo de control electrónico – PID's



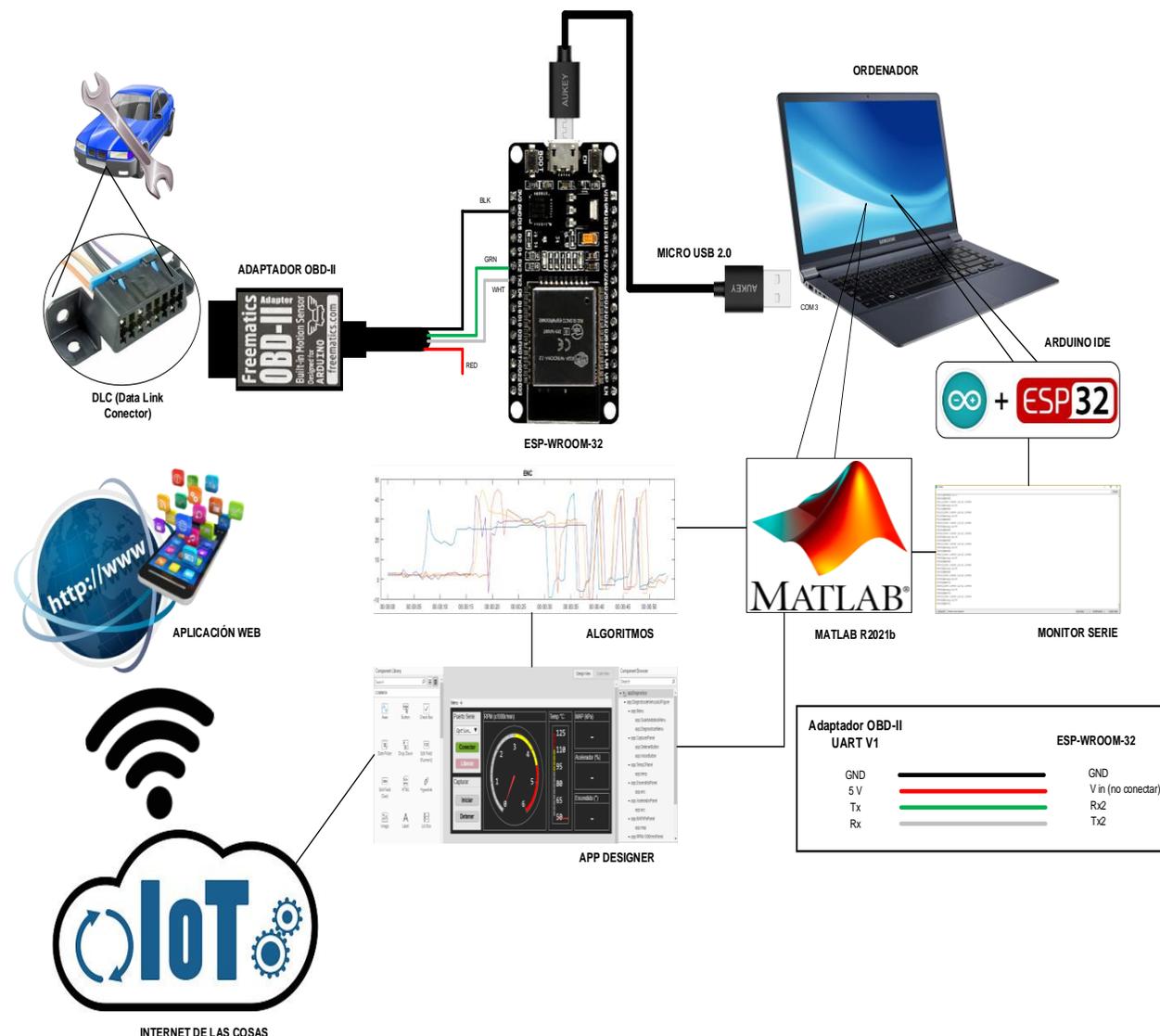
Nota. Diagrama desarrollado con el uso del software Liveware.

Diagrama de conexión del adaptador OBD-II UART V1

En el siguiente diagrama se puede observar cómo es la estructura de conexión del módulo genérico de diagnóstico, desde la salida del DLC del vehículo hasta la comunicación del ordenador, base de datos hasta la aplicación web para la generación de un reporte del estado del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica.

Figura 50

Diagrama de conexión del módulo genérico de diagnóstico



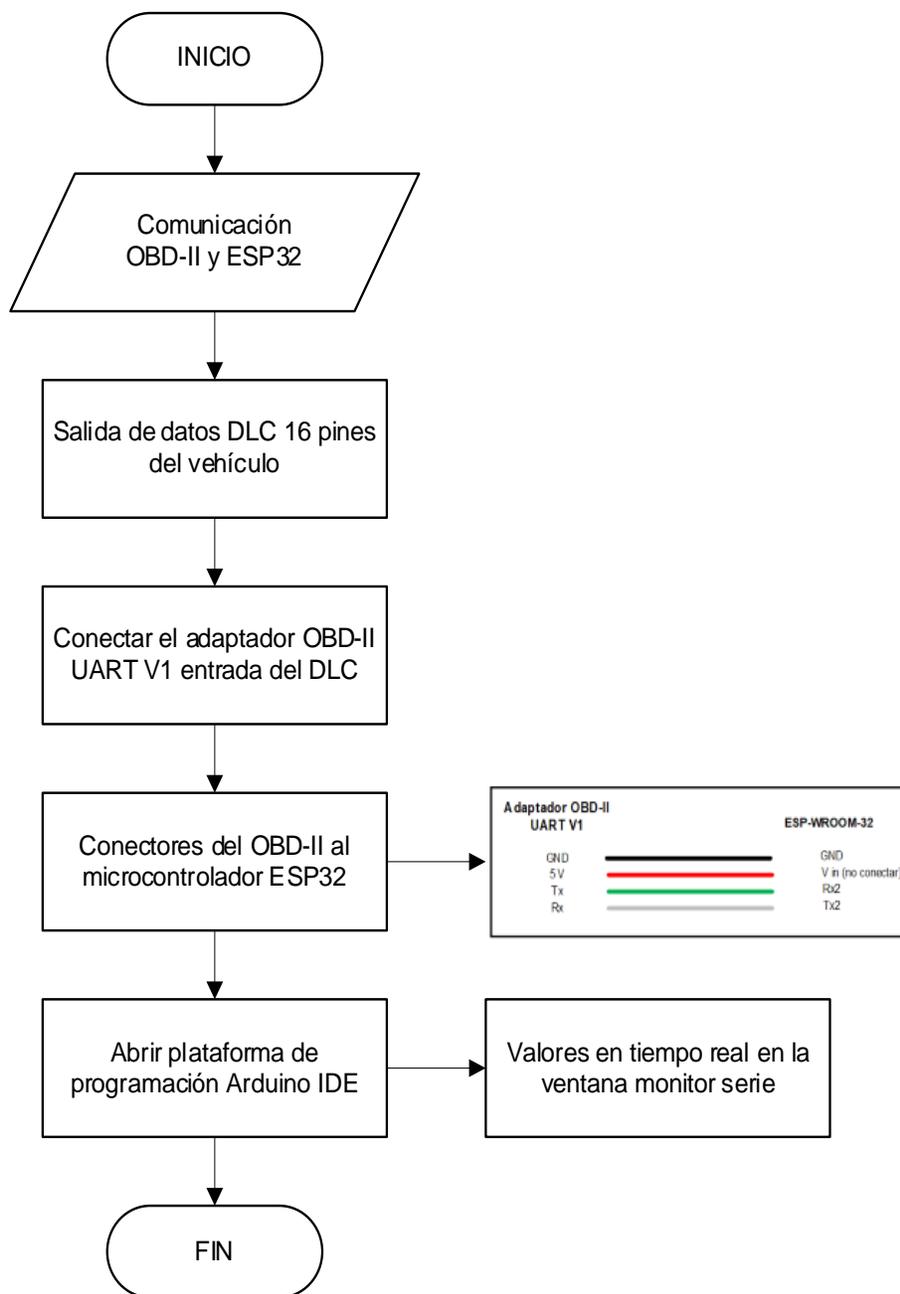
Nota. Diagrama de conexión.

Diagrama de flujo de la conexión del módulo genérico

En la siguiente figura 51 indica como es el proceso de conexión del módulo genérico según los conectores del adaptador OBD-II UART V1, en comunicación con el microcontrolador ESP32 DEVKIT V11. Por otra parte, la verificación de la conexión correcta es visualizar los datos extraídos del módulo de control electrónico a la ventana del monitor serie de la plataforma arduino IDE.

Figura 51

Diagrama de flujo conexión OBD-II con ESP32



Aplicación de vacío

Como se puede observar en la figura 52, el instrumento de medida vacuómetro, va instalado en la manguera de vacío que sale del colector de admisión hacia el servo freno. El vacuómetro se instala de manera rápida.

Figura 52

Toma de vacío del servofreno



Se debe tomar en cuenta que para desconectar la manguera de vacío del servo freno con la ayuda de un playo se procede a retirar la abrazadera que sujeta a la manquera y la toma de aire.

Figura 53

Retirar las abrazaderas de sujeción



Al conectar de manera directa el vacuómetro con la manguera de vacío no se observarán variaciones en la aguja del instrumento de medida, por eso se deben utilizar acoples que se interpongan entre la manguera de vacío y el vacuómetro.

Figura 54

Selección de acoples de vacío



De tal manera que, al no ejercer presión en la manquera en el vacuómetro se verán reflejadas las variaciones de la aguja según el vacío que se vaya generando.

Figura 55

Comportamiento de la aguja del vacuómetro



Relación sensor MAP vs comportamiento de la aguja (vacuómetro)

Tabla 21

Tabla de obtención de presión de vacío (inHg) vs presión de aire (kPa)

Nro.	Vehículo	Modelo	Presión de vacío (inHg)	Gráfico	Presión de aire (kPa)	Gráfico
1	KIA	Sportage GL 2.0L	15		17	
			14		22	
			0		69	
2	KIA	Rio LX 1.6L	14		27	
			10		37	
			0		71	
3	Chevrolet	Aveo Activo 1.6L	12		28	
			14		21	
			0		67	
4	KIA	Rio LX 1.4L	17		27	
			10		37	
			0		71	
5	Great Wall	Wingle AC 24 L	15		21	
			14		22	
			0		69	
6	Chevrolet	BEAT LS 1.2	13		27	
			11		34	
			0		70	
7	KIA	Picanto LX 1.1L	16		21	
			10		35	
			0		69	
8	Chevrolet	Aveo Activo 1.4L	14		26	
			10		35	
			0		74	
9	Chevrolet	Aveo Family 1.2L	13		28	
			10		35	
			0		69	
10	Hyundai	i10 1.1L	15		24	
			10		35	
			0		72	
11	Hyundai	Grand i10 1.2L	15		25	
			11		37	
			0		72	
12	DSFK	C37 1.4L	10		37	
			8		44	
			0		70	
13	Chevrolet	Sail 1.4L	15		20	
			14		21	
			0		72	
14	Chevrolet	Emotion 1.6L	14		28	
			12		37	
			0		72	

Nota. Valores de presión.

El sensor MAP (Manifold Absolute Pressure) está instalado en el colector de admisión de tal manera que mida la presión que se produce dentro del mismo. Para la toma de muestras, es necesario hacer una preparación preliminar de los vehículos compatibles con el adaptador OBD-II UART V1, para garantizar un correcto funcionamiento del motor y una eficiente toma de datos.

Se establece una relación proporcionalmente directa entre los valores obtenidos por el instrumento de medida (vacuómetro) y el adaptador OBD-II UART V1, ya que se obtendrán valores en pulgadas de mercurio (inHg) y en kilo pascales (kPa) respectivamente cumpliendo con el margen de la ecuación 1. En la tabla 18 se observan los valores de vacío en pulgadas de mercurio (inHg) y valores de presión absoluta en kilo pascales (kPa) obtenidos en la toma de muestras de catorce vehículos de diferentes marcas que circulan por el país. Mediante la interpolación y extrapolación se hallarán valores para la construcción de tablas de diagnóstico a diferentes intervalos de altitudes, de esta forma se establecerá de mejor manera los diagnósticos del estado del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica.

$$P_{bar} - P_{vac} = V_{MAP}$$

$$71 \text{ kPa} - \left(14 \text{ inHg} * \frac{3,386 \text{ kPa}}{1 \text{ inHg}} \right) = V_{MAP}$$

$$\mathbf{V_{MAP} = 24 \text{ kPa}}$$

El valor de la ecuación teórica es de 24 kPa por que se consideró una presión de vacío de 14 inHg como un valor estándar, debido a que se realizó a una altitud actual de 2850 m.s.n.m donde se desarrolló el proyecto de investigación, por lo tanto, el valor del sensor MAP de los vehículos de muestra proyecto un valor de 22 kPa en ralentí y además se estabiliza el mismo valor en aceleración progresiva.

Consideraciones para el uso de tabla de diagnóstico según altitud

A continuación, con los estándares mencionados se establece valores para la construcción de las tablas de diagnóstico, es decir, con los dos valores analizados se aplica las fórmulas de interpolación y extrapolación lineal según los siguientes parámetros establecidos

$$P_{\text{barométrica}} = 71 \text{ kPa}; P_{\text{vacío}} = 22 \text{ kPa}$$

Interpolación lineal

$$y = y_1 + (x - x_1) * \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

$$y = 22 + (10 - 14) * \frac{(71 - 22)}{(0 - 14)} = 36 \text{ kPa}$$

Extrapolación lineal

$$y_3 = y_1 + (x_3 - x_1) * \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

$$y_3 = 71 + (17 - 0) * \frac{(22 - 71)}{(14 - 0)} = 12 \text{ kPa}$$

De esta manera se comprueba que la relación entre los valores de vacío y de sensor MAP son directamente proporcionales ya que, al aumentar la presión de vacío va a disminuir el valor del sensor MAP y si el valor del vacío se va acercando al cero se obtendrá la presión barométrica indicada en el sensor MAP.

Tabla de diagnóstico según intervalos de altitud

Considerar que, por cada 300 metros de altura, se debe disminuir 25 mmHg o 1 inHg en la lectura del vacuómetro. Las siguientes tablas indican las diferentes condiciones de funcionamiento, reacciones de la aguja, lecturas, y significados cuando se trabaja a nivel del mar a partir de los 600 m.s.n.m. (Erazo & Quiroz, 2010)

A partir de los valores obtenidos y los parámetros establecidos se construye las tablas de diagnóstico mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 3

Valor de vacío según altitud

$$Vacío_N = \frac{(Altitud - Parámetro 1)}{Parámetro 2}$$

Donde:

- Parámetro 1: valor de trabajo a partir de 600 m.s.n.m
- Parámetro 2: Por cada 300 m.s.n.m se disminuye 1 inHg
- Altitud: Varía según la altura en la que se encuentre

Intervalo 0-600 m.s.n.m

La tabla patrón para la generación de los datos de diagnóstico inicia desde el intervalo de altitud a 0 a 600 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) como se puede observar en el Anexo 1.

$$Vacío_N = \frac{(Altitud - Parámetro 1)}{Parámetro 2}$$

$$Vacío_N = \frac{(600 - 600)msnm}{300 msnm}$$

$$Vacío_N = 0 \text{ inHg} \rightarrow \{17 \text{ inHg} - 21 \text{ inHg}\}$$

Intervalo 600-900 m.s.n.m

Cada 300 m.s.n.m se disminuye 1 inHg, dando como parámetro de vacío un valor de 16 inHg a 20 inHg, ver Anexo 2.

$$Vacío_N = \frac{(Altitud - Parámetro 1)}{Parámetro 2}$$

$$Vacío_N = \frac{(900 - 600)msnm}{300 msnm}$$

$$Vacío_N = 1 \text{ inHg} \rightarrow \{16 \text{ inHg} - 20 \text{ inHg}\}$$

Intervalo 900-1200 m.s.n.m

Disminuye 2 inHg, dando como parámetro de vacío un valor de 15 inHg a 19 inHg, ver

Anexo 3.

$$Vacío_N = \frac{(Altitud - Parámetro 1)}{Parámetro 2}$$

$$Vacío_N = \frac{(1200 - 600)msnm}{300 \text{ msnm}}$$

$$Vacío_N = 2 \text{ inHg} \rightarrow \{15 \text{ inHg} - 19 \text{ inHg}\}$$

Intervalo 1200-1500 m.s.n.m

Disminuye 3 inHg, dando como parámetro de vacío un valor de 14 inHg a 18 inHg, ver

Anexo 4.

$$Vacío_N = \frac{(Altitud - Parámetro 1)}{Parámetro 2}$$

$$Vacío_N = \frac{(1500 - 600)msnm}{300 \text{ msnm}}$$

$$Vacío_N = 3 \text{ inHg} \rightarrow \{14 \text{ inHg} - 18 \text{ inHg}\}$$

Intervalo 1500-1800 m.s.n.m

Disminuye 4 inHg, dando como parámetro de vacío un valor de 13 inHg a 17 inHg, ver

Anexo 5.

$$Vacío_N = \frac{(Altitud - Parámetro 1)}{Parámetro 2}$$

$$Vacío_N = \frac{(1800 - 600)msnm}{300 \text{ msnm}}$$

$$Vacío_N = 4 \text{ inHg} \rightarrow \{13 \text{ inHg} - 17 \text{ inHg}\}$$

Intervalo 1800-2100 m.s.n.m

Disminuye 5 inHg, dando como parámetro de vacío un valor de 12 inHg a 16 inHg, ver Anexo 6.

$$Vacío_N = \frac{(Altitud - Parámetro 1)}{Parámetro 2}$$

$$Vacío_N = \frac{(2100 - 600)msnm}{300 msnm}$$

$$Vacío_N = 5 inHg \rightarrow \{12 inHg - 16 inHg\}$$

Intervalo 2100-2400 m.s.n.m

Disminuye 6 inHg, dando como parámetro de vacío un valor de 11 inHg a 15 inHg, ver Anexo 7.

$$Vacío_N = \frac{(Altitud - Parámetro 1)}{Parámetro 2}$$

$$Vacío_N = \frac{(2400 - 600)msnm}{300 msnm}$$

$$Vacío_N = 6 inHg \rightarrow \{11 inHg - 15 inHg\}$$

Intervalo 2400-2850 m.s.n.m

Disminuye 7 inHg, dando como parámetro de vacío un valor de 10 inHg a 14 inHg, ver Anexo 8.

$$Vacío_N = \frac{(Altitud - Parámetro 1)}{Parámetro 2}$$

$$Vacío_N = \frac{(2800 - 600)msnm}{300 msnm}$$

$$Vacío_N = 7 inHg \rightarrow \{10 inHg - 14 inHg\}$$

Intervalo 2850-3150 m.s.n.m

Disminuye 8 inHg, dando como parámetro de vacío un valor de 9 inHg a 13 inHg, ver Anexo 9.

$$Vacío_N = \frac{(Altitud - \text{Parámetro 1})}{\text{Parámetro 2}}$$

$$Vacío_N = \frac{(3000 - 600)msnm}{300 msnm}$$

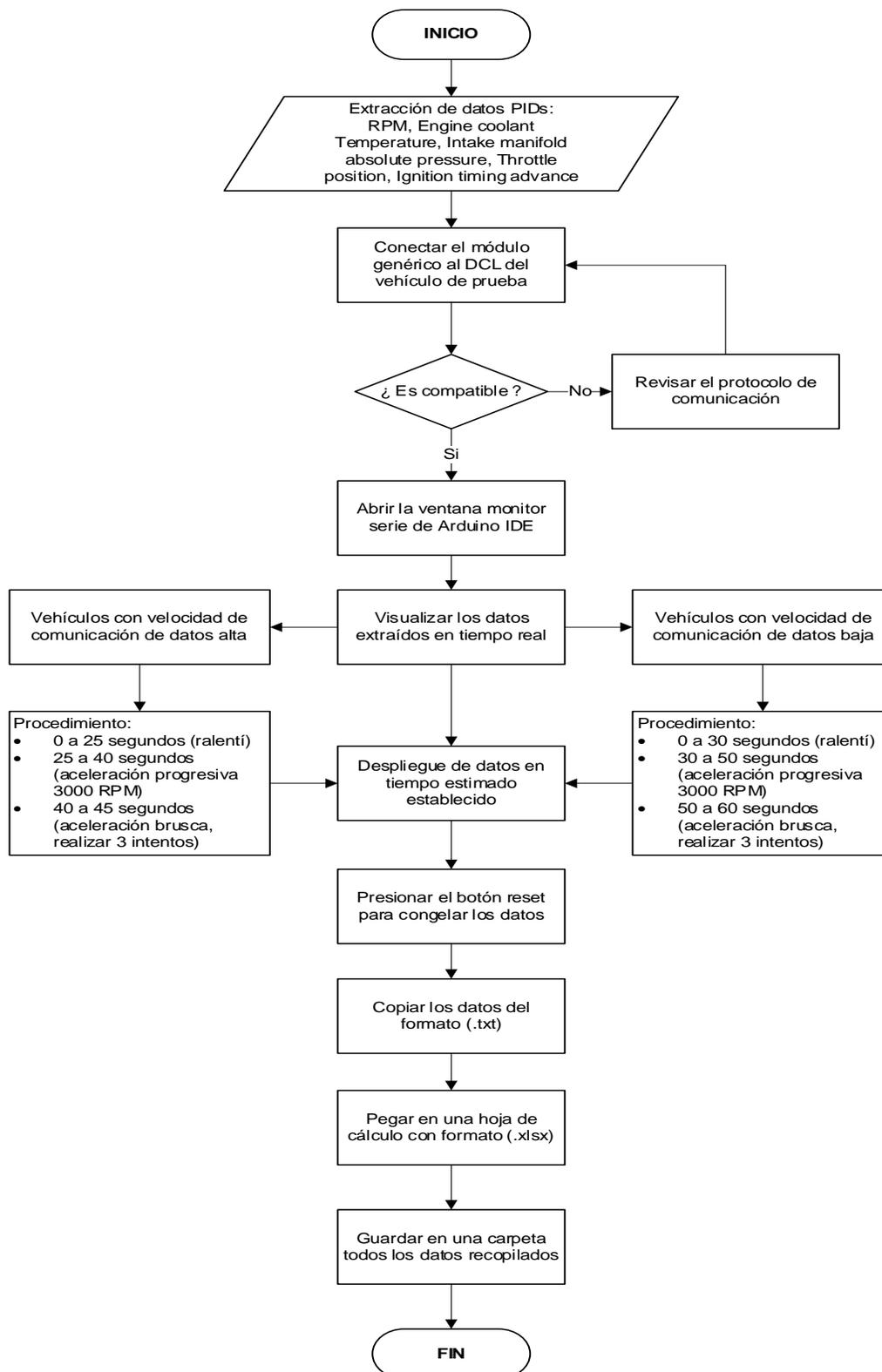
$$Vacío_N = 8 \text{ inHg} \rightarrow \{(9 \text{ inHg} - 13 \text{ inHg})\}$$

Extracción de datos de la ECU

Una vez cargado el código de programación en la placa del microcontrolador ESP32 DEVKIT V1 se ejecuta el procedimiento establecido para aplicar en el vehículo de prueba. En el caso de que el vehículo de prueba no sea compatible recurrir a otro vehículo que sea compatible siguiendo la tabla 16.

Figura 56

Diagrama de flujo de extracción de datos de la ECU



Obtención de datos de las variables requeridas

Preparación preliminar para la toma de datos

Se debe verificar los siguientes componentes y fluidos del motor:

- Nivel de aceite del motor
- Nivel del refrigerante
- Batería cargada
- Verificar que el motor no presente fugas de fluidos

Consideraciones generales para la toma de datos

- Encender el motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica
- El motor de combustión interna debe estar en una temperatura normal de trabajo (80 °C - 95 °C)
- Observar la medición cuando el vehículo es encendido (ralentí 750 – 900 rpm), luego acelerando progresivamente y por último de forma brusca (según el procedimiento de la figura 56)

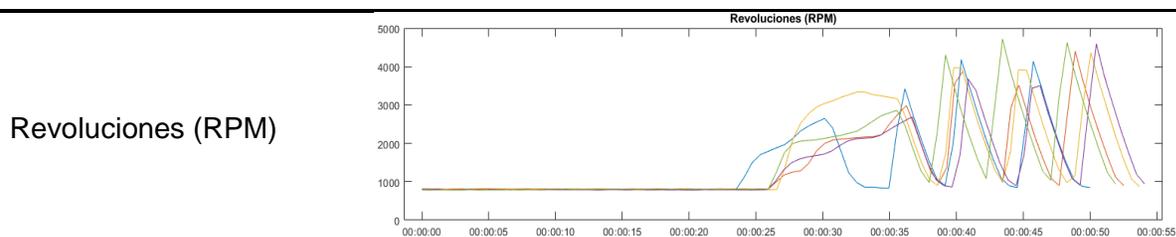
Chevrolet Aveo Activo 1.4L 4P STD

Vehículo con velocidad de comunicación de datos baja, tiempo estimado de pruebas 60 segundos, Ver anexo 10.

Tabla 22

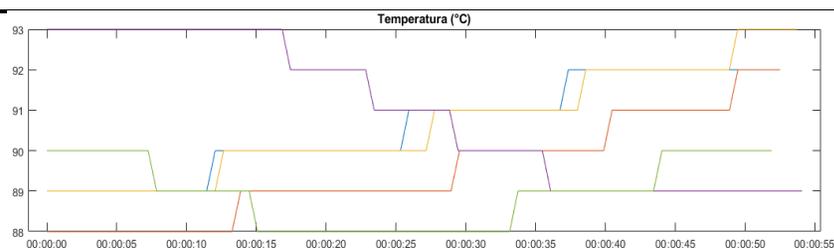
PID's Chevrolet Aveo Activo 1.4L

Datos extraídos (PID)

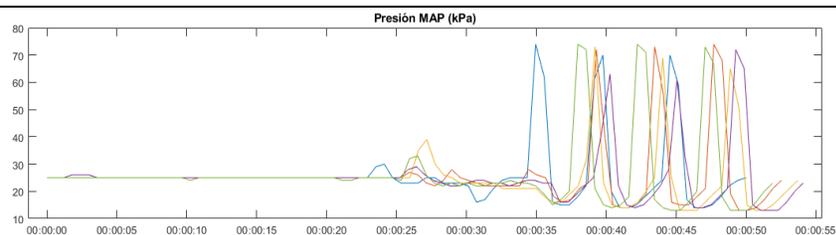


Datos extraídos (PID)

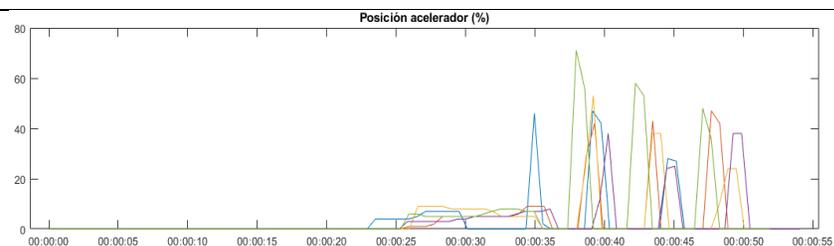
Temperatura (°C)



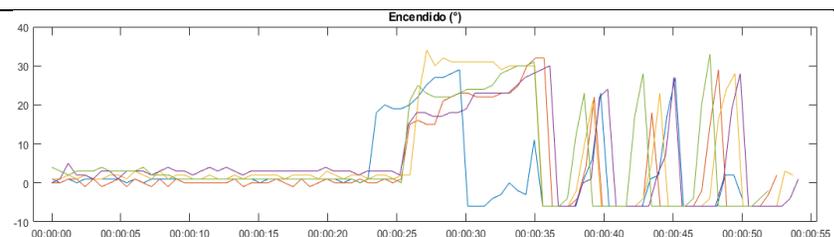
MAP (kPa)



Acelerador (%)



Encendido (°)



Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

Chevrolet Aveo Activo 1.6L 5P STD

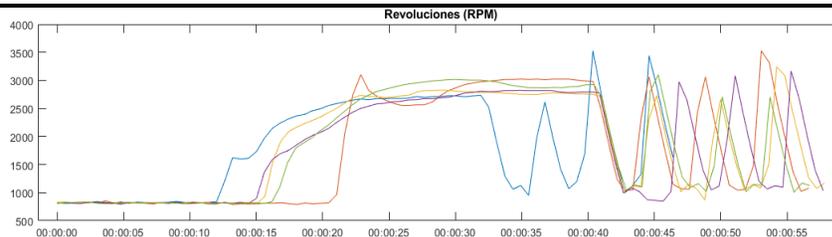
Vehículo con velocidad de comunicación de datos baja, tiempo estimado de pruebas 60 segundos, Ver anexo 11.

Tabla 23

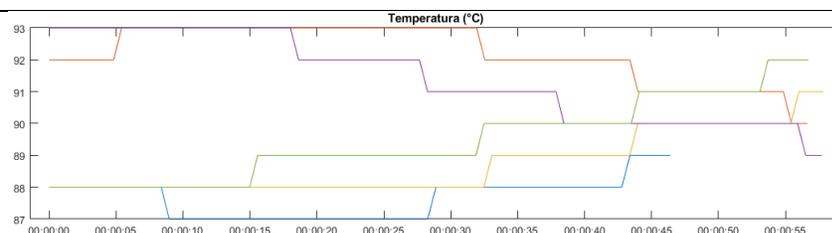
PID's Chevrolet Aveo Activo 1.6L

Datos extraídos (PID)

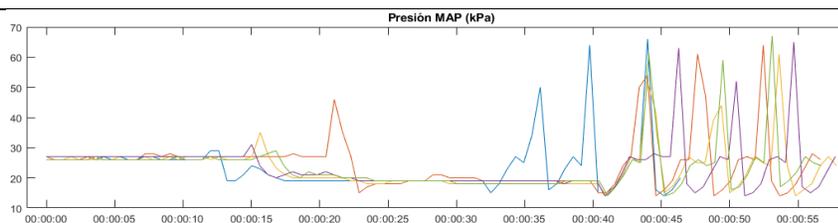
Revoluciones (RPM)



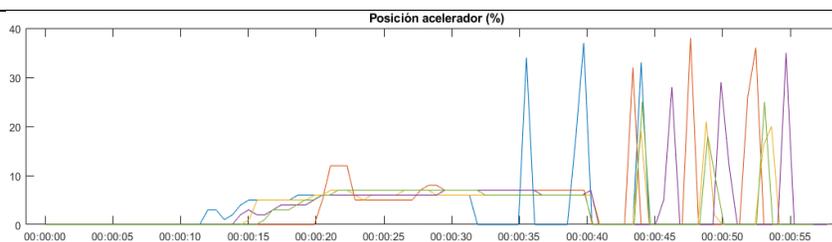
Temperatura (°C)



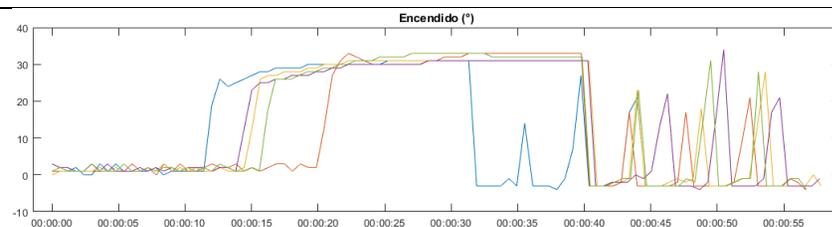
MAP (kPa)



Acelerador (%)



Encendido (°)



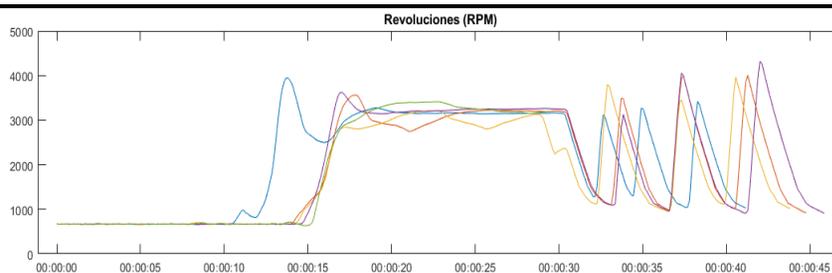
Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

Chevrolet Beat LS AC 1.2 4P 4X2 TM

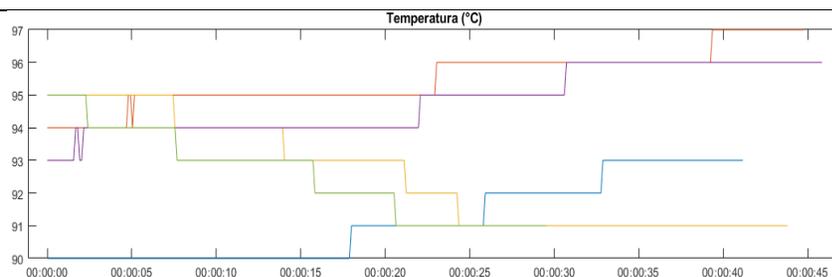
Vehículo con velocidad de comunicación de datos alta, tiempo estimado de pruebas 45 segundos, Ver anexo 12.

Tabla 24*PID's Chevrolet Beat 1.2L***Datos extraídos (PID)**

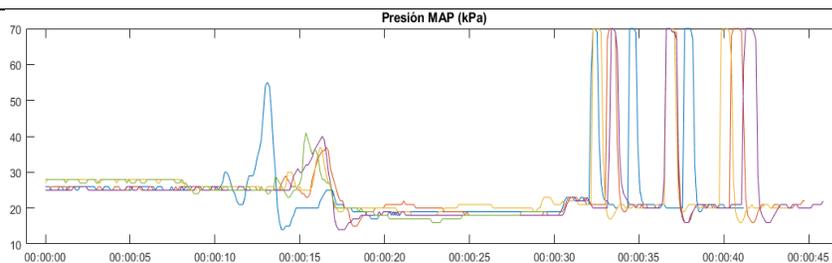
Revoluciones (RPM)



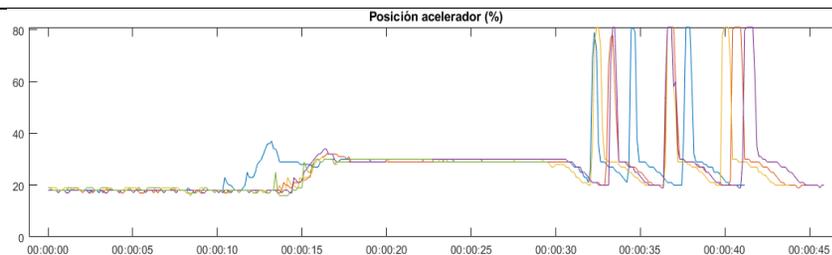
Temperatura (°C)



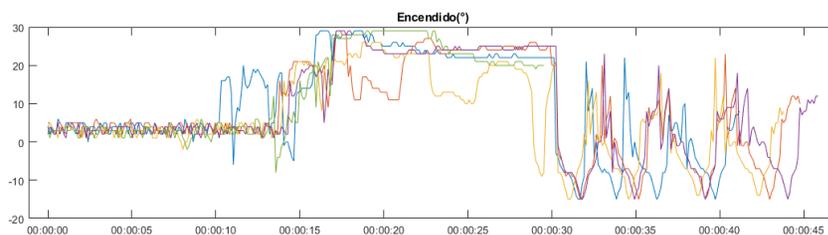
MAP (kPa)



Acelerador (%)



Encendido (°)



Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

Chevrolet Emotion GLS AC 1.6 4P 4X2 TM

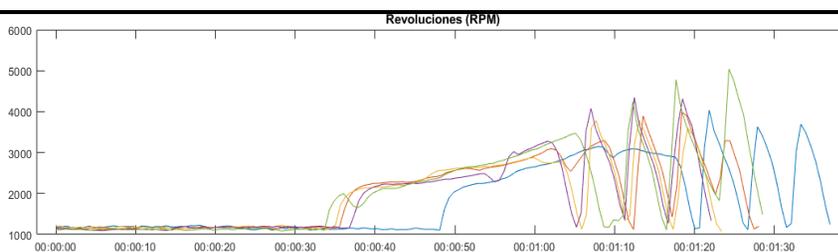
Vehículo con velocidad de comunicación de datos baja, tiempo estimado de pruebas 60 segundos, Ver anexo 13.

Tabla 25

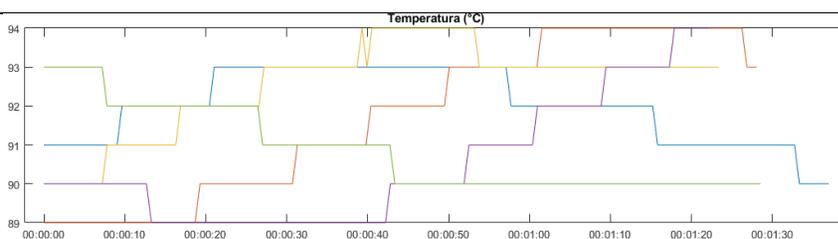
PID's Chevrolet Emotion 1.6L

Datos extraídos (PID)

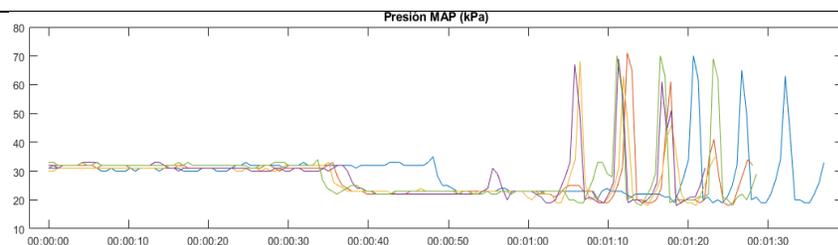
Revoluciones (RPM)



Temperatura (°C)

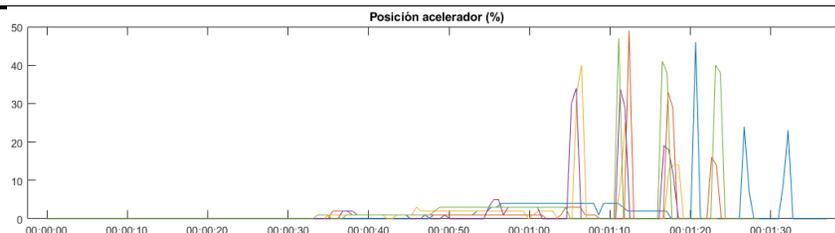


MAP (kPa)

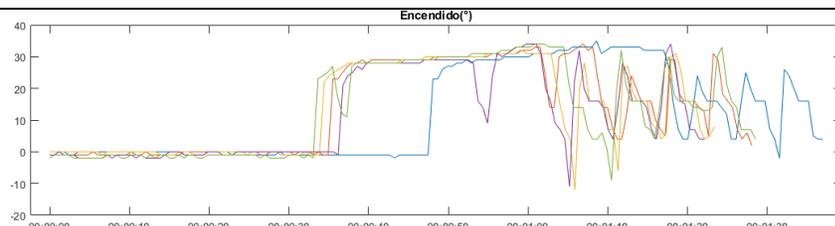


Datos extraídos (PID)

Acelerador (%)



Encendido (°)



Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

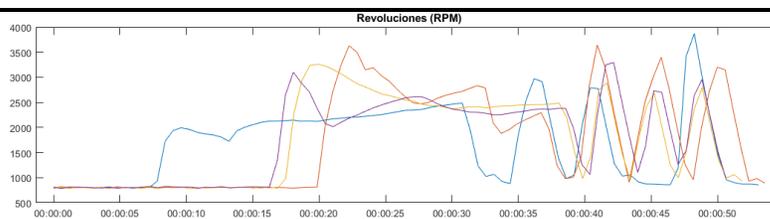
Chevrolet Family STD TM 1.5 4P 4X2

Vehículo con velocidad de comunicación de datos baja, tiempo estimado de pruebas 60 segundos, Ver anexo 14.

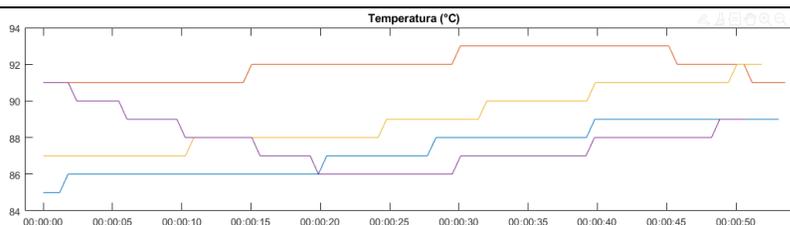
Tabla 26
PID's Chevrolet Family 1.5L

Datos extraídos (PID)

Revoluciones (RPM)

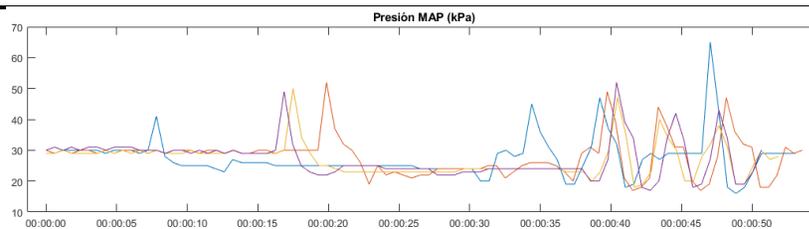


Temperatura (°C)

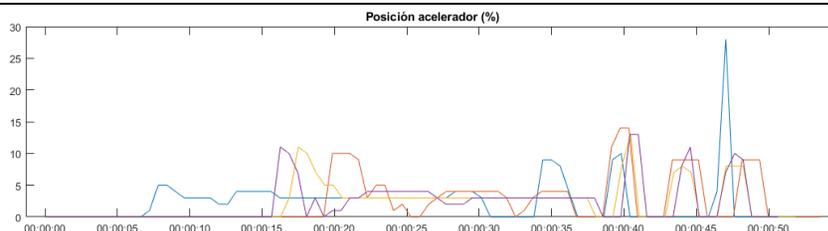


Datos extraídos (PID)

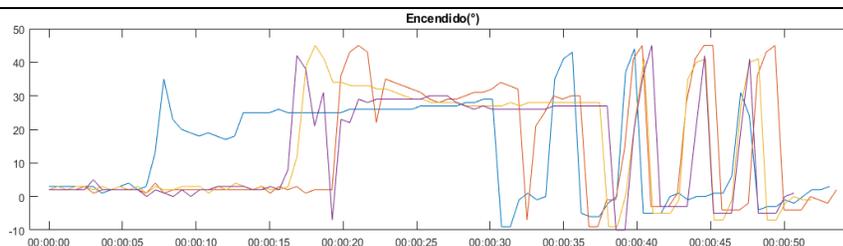
MAP (kPa)



Acelerador (%)



Encendido (°)



Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

Chevrolet Sail LS AC 1.4 4P 4X2 TM

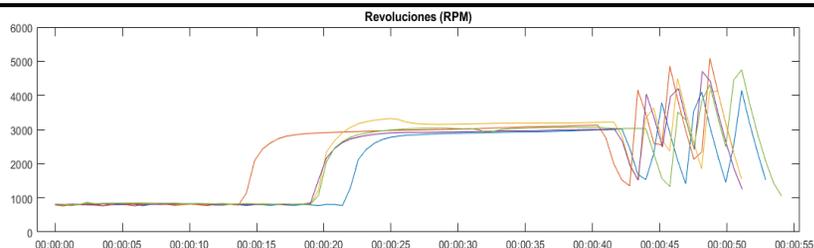
Vehículo con velocidad de comunicación de datos baja, tiempo estimado de pruebas 45 segundos, Ver anexo 15.

Tabla 27

PID's Chevrolet Sail 1.4L

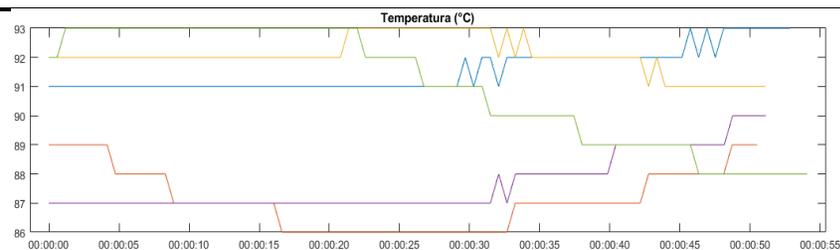
Datos extraídos (PID)

Revoluciones (RPM)

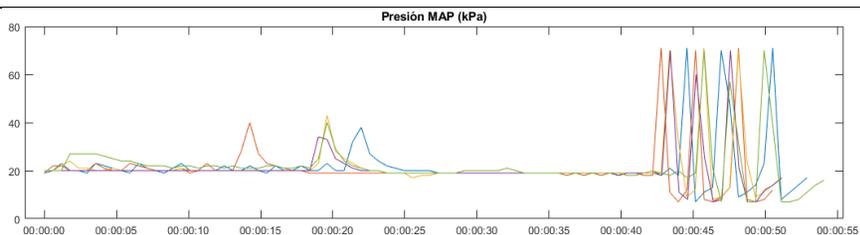


Datos extraídos (PID)

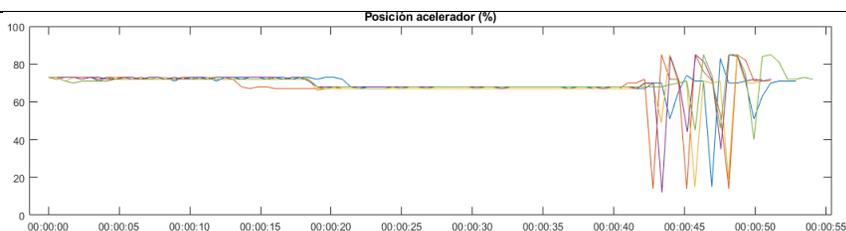
Temperatura (°C)



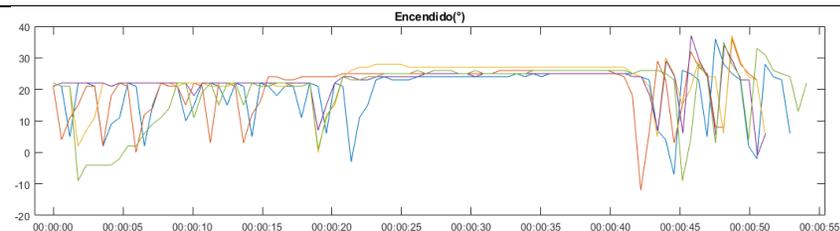
MAP (kPa)



Acelerador (%)



Encendido (°)



Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

DFSK C37 AC 1.4 4P 4X2 TM

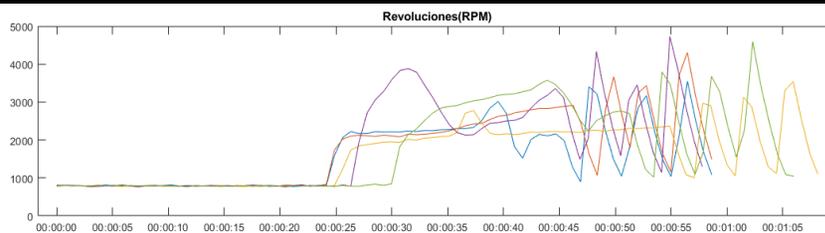
Vehículo con velocidad de comunicación de datos baja, tiempo estimado de pruebas 60 segundos, Ver anexo 16.

Tabla 28

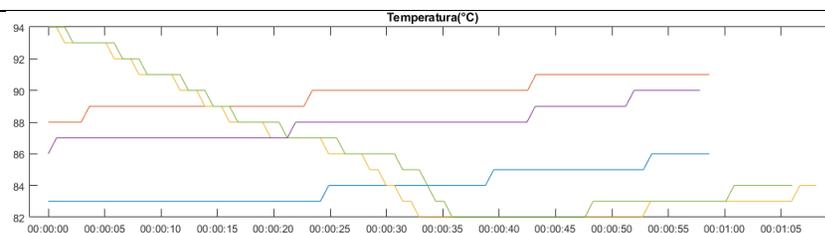
PID's DFSK C37 1.4L

Datos extraídos (PID)

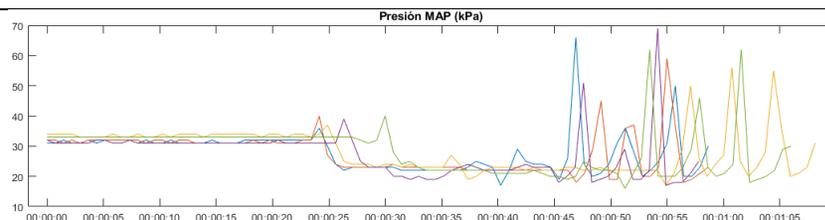
Revoluciones (RPM)



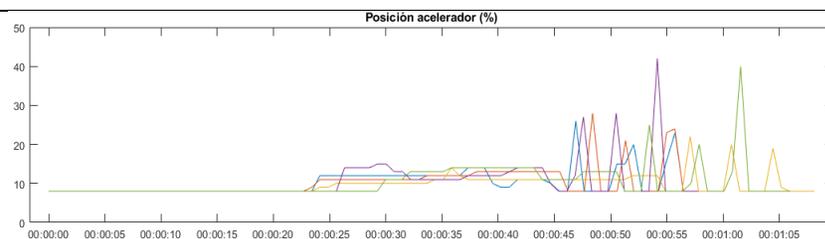
Temperatura (°C)



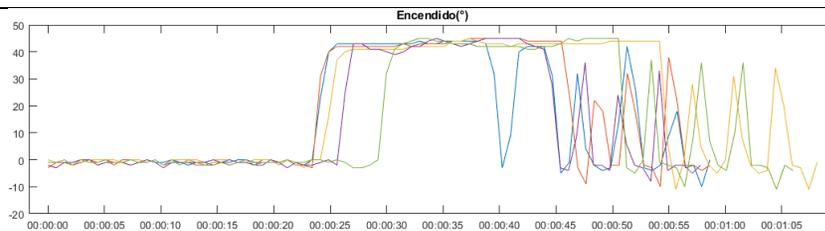
MAP (kPa)



Acelerador (%)



Encendido (°)



 Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

Great Wall Wingle AC 2.4 CD 4X2 TM

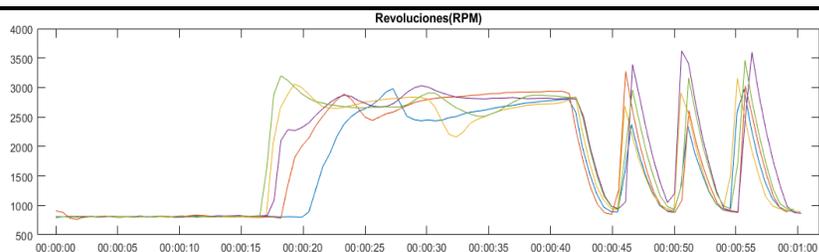
Vehículo con velocidad de comunicación de datos baja, tiempo estimado de pruebas 60 segundos, Ver anexo 17.

Tabla 29

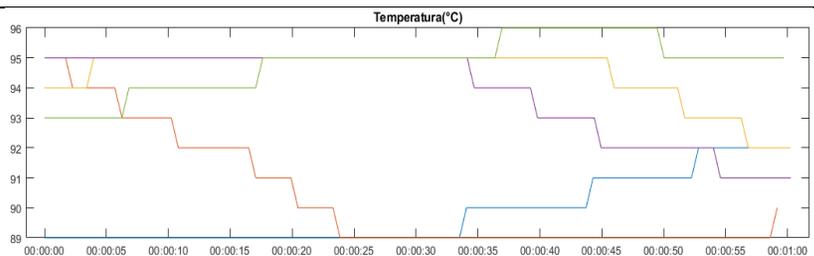
PID's Great Wall Wingle 2.4L

Datos extraídos (PID)

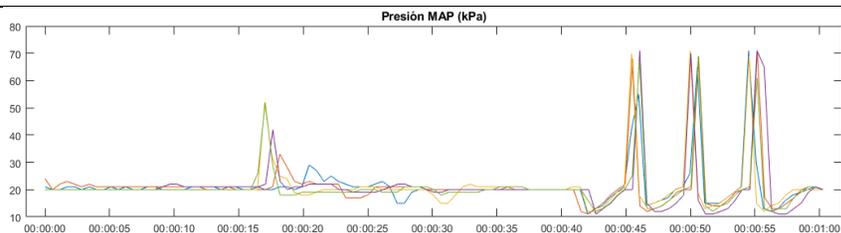
Revoluciones (RPM)



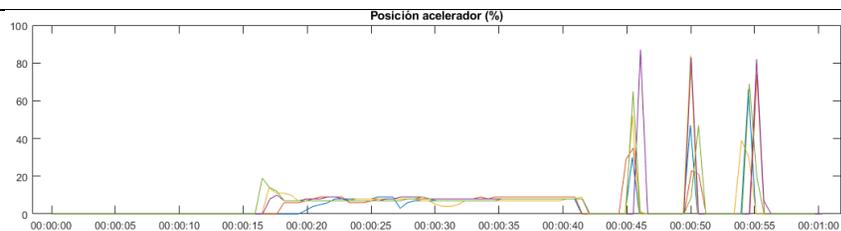
Temperatura (°C)



MAP (kPa)

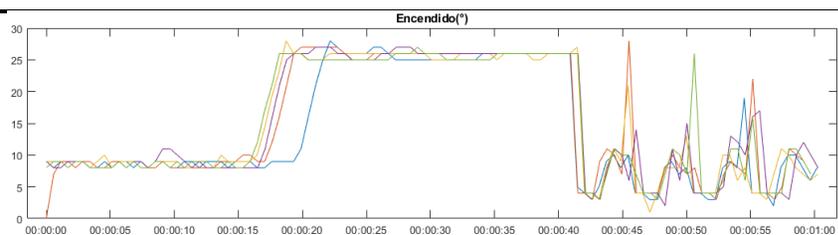


Acelerador (%)



Datos extraídos (PID)

Encendido (°)



Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

Hyundai Grand I10 HB 1.2 5P 4X2 TM

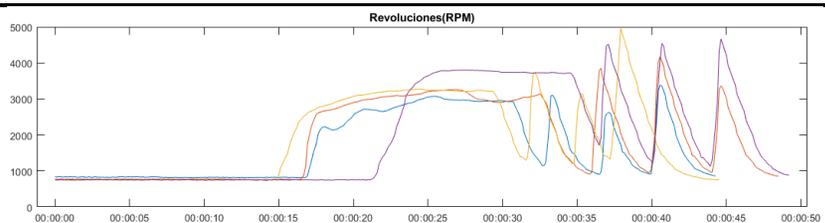
Vehículo con velocidad de comunicación de datos alta, tiempo estimado de pruebas 45 segundos, Ver anexo 18.

Tabla 30

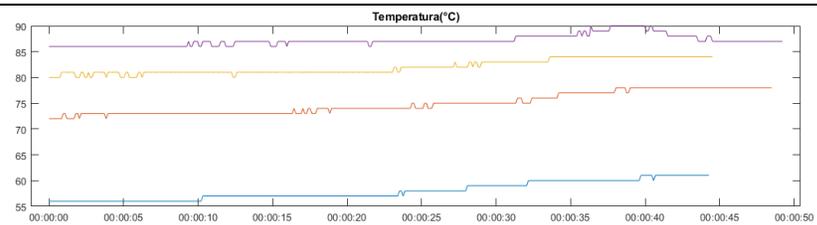
PID's Hyundai Grand I10 1.2L

Datos extraídos (PID)

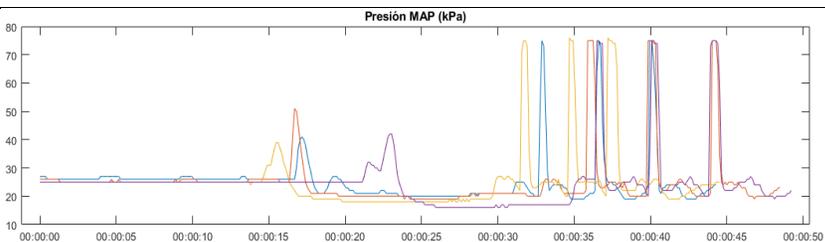
Revoluciones (RPM)



Temperatura (°C)

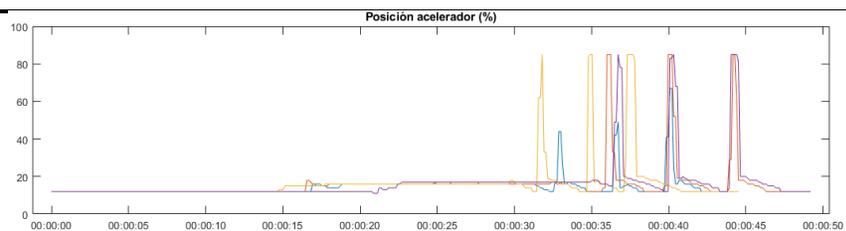


MAP (kPa)

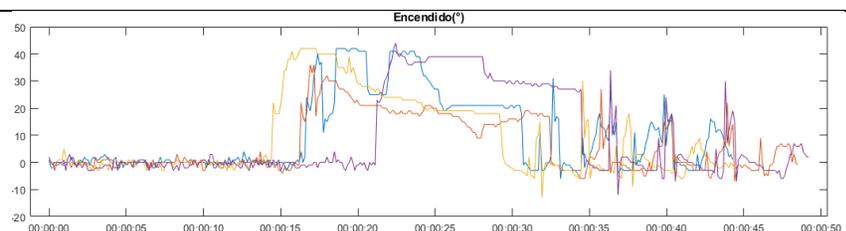


Datos extraídos (PID)

Acelerador (%)



Encendido (°)



Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

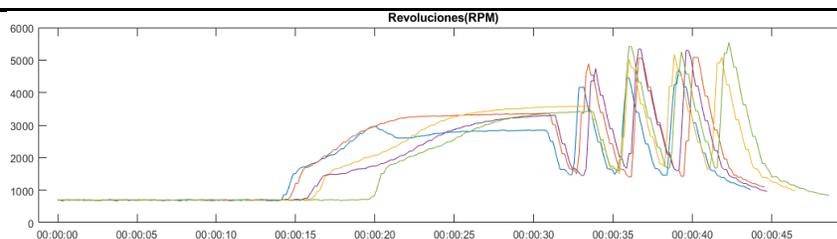
Hyundai I10 5DR 1.1 AC

Vehículo con velocidad de comunicación de datos alta, tiempo estimado de pruebas 45 segundos, Ver anexo 19.

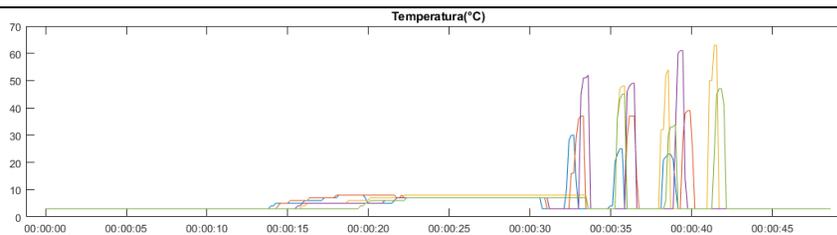
Tabla 31*PID's Hyundai I10 1.1L*

Datos extraídos (PID)

Revoluciones (RPM)

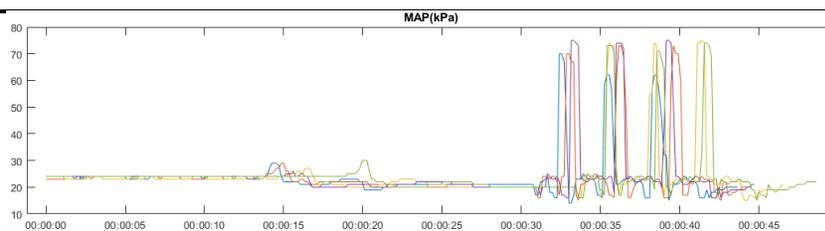


Temperatura (°C)

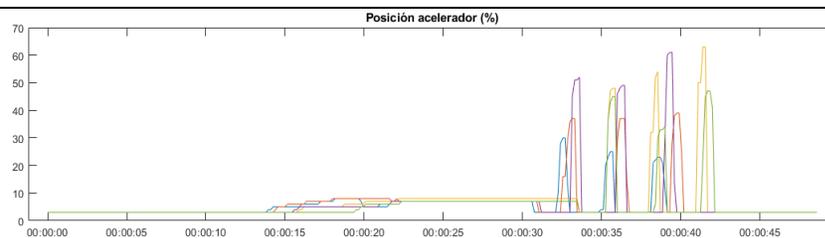


Datos extraídos (PID)

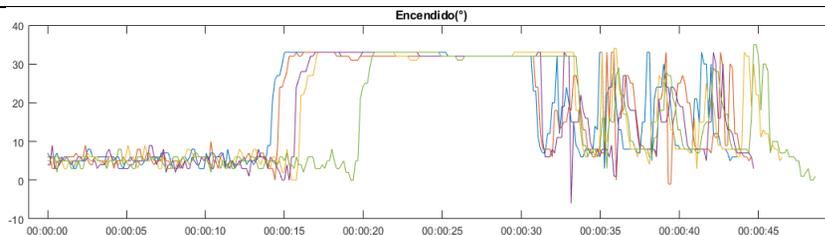
MAP (kPa)



Acelerador (%)



Encendido (°)



Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

Kia Picanto FL LX 1.1L 5P

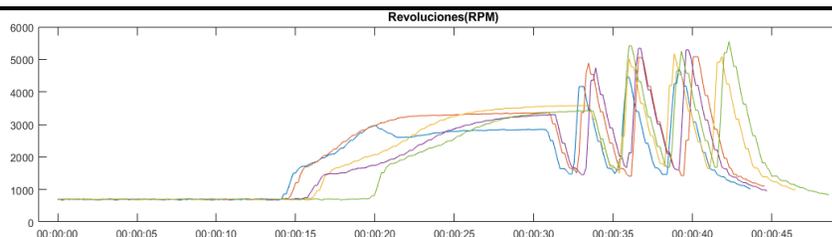
Vehículo con velocidad de comunicación de datos alta, tiempo estimado de pruebas 45 segundos, Ver anexo 20.

Tabla 32

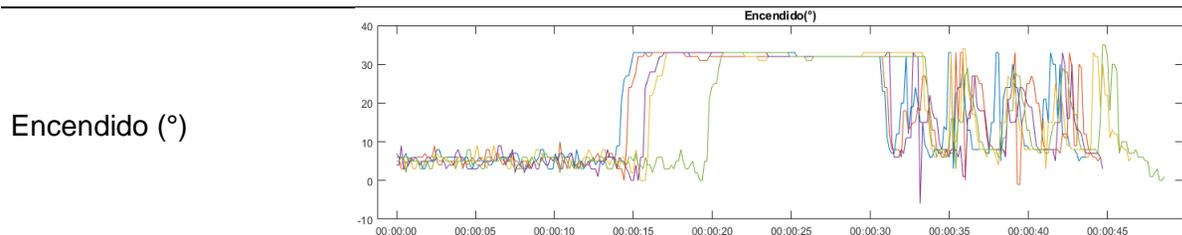
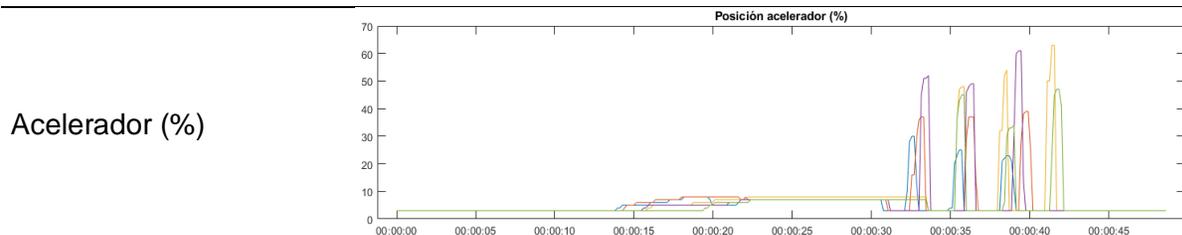
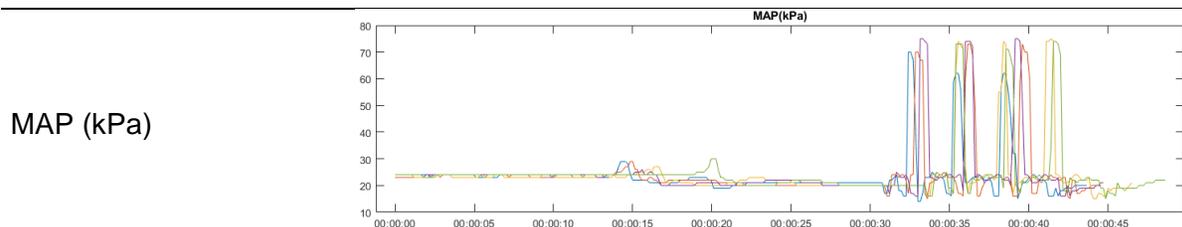
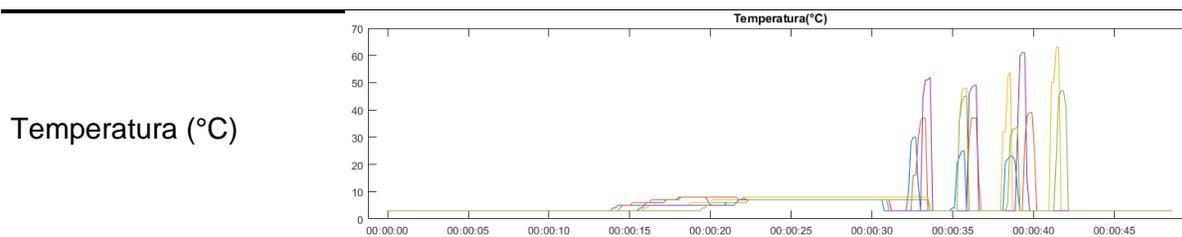
PID's Kia Picanto 1.1L

Datos extraídos (PID)

Revoluciones (RPM)



Datos extraídos (PID)



Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

Kia Rio LX AC 1.4 4P 4X2 TM

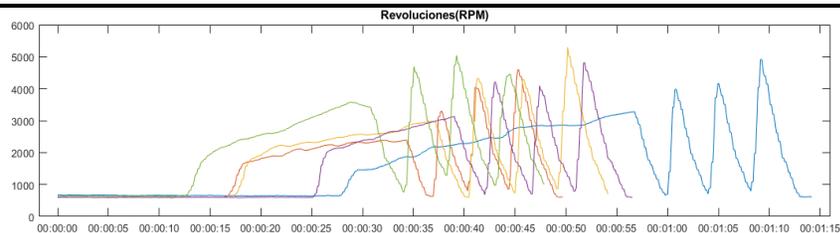
Vehículo con velocidad de comunicación de datos alta, tiempo estimado de pruebas 45 segundos, Ver anexo 21.

Tabla 33

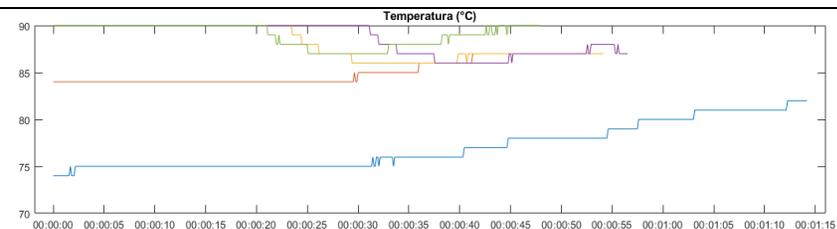
PID's Kia Rio 1.4L

Datos extraídos (PID)

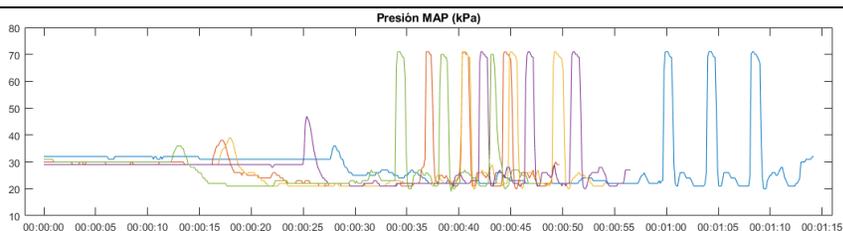
Revoluciones (RPM)



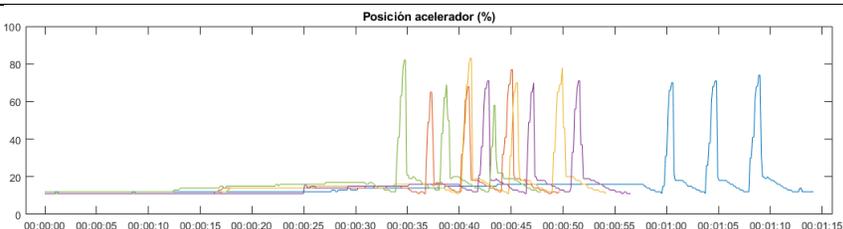
Temperatura (°C)



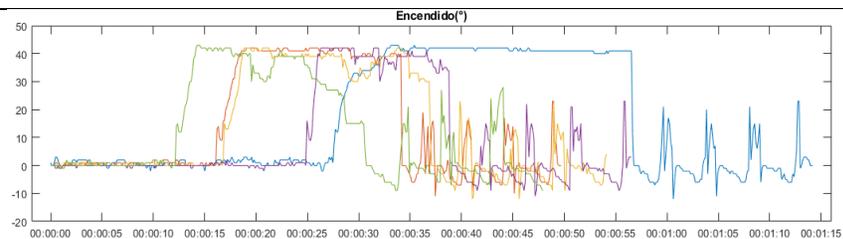
MAP (kPa)



Acelerador (%)



Encendido (°)



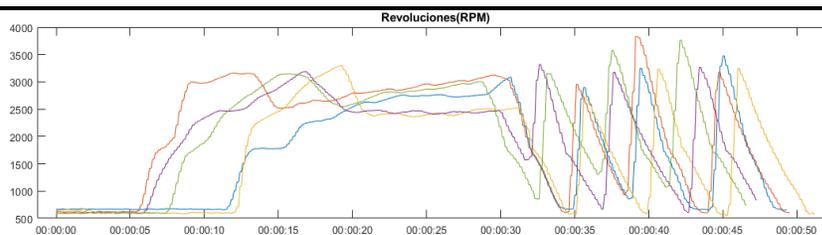
Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

Kia Rio LX AC 1.6 4P 4X2 TM

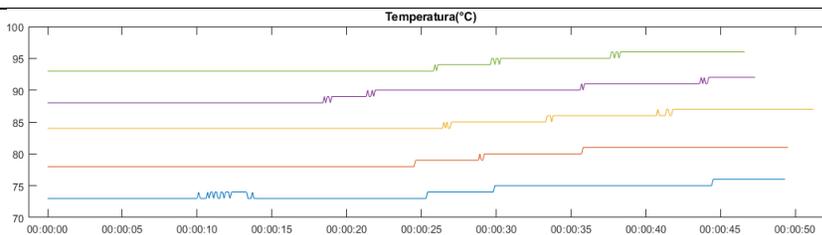
Vehículo con velocidad de comunicación de datos alta, tiempo estimado de pruebas 45 segundos, Ver anexo 22.

Tabla 34*PID's Kia Rio 1.6L***Datos extraídos (PID)**

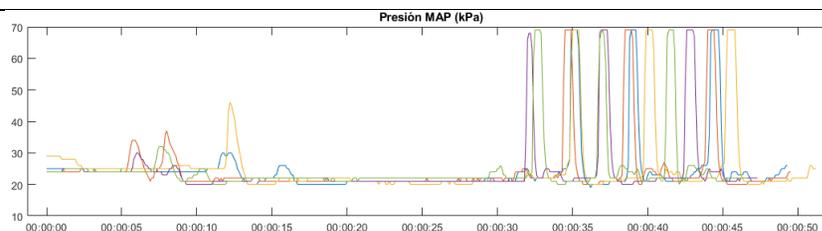
Revoluciones (RPM)



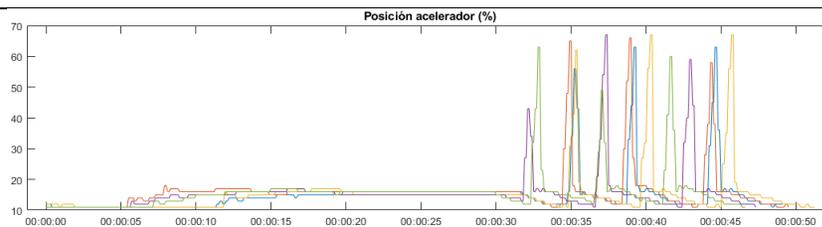
Temperatura (°C)



MAP (kPa)

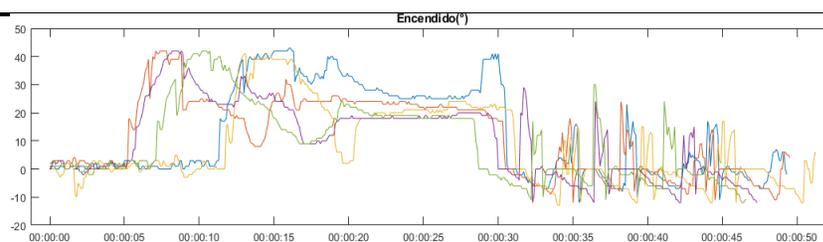


Acelerador (%)



Datos extraídos (PID)

Encendido (°)



Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

Kia Sportage GL AC 2.0 5P 4X2 TM

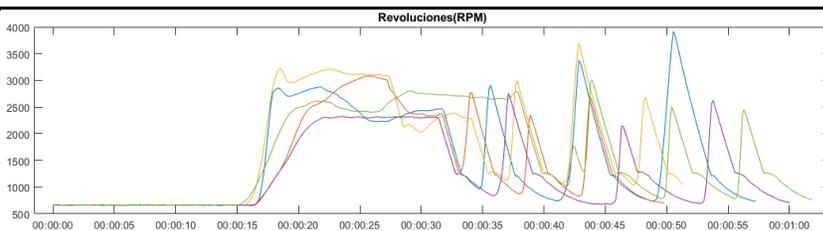
Vehículo con velocidad de comunicación de datos alta, tiempo estimado de pruebas 45 segundos, Ver anexo 23.

Tabla 35

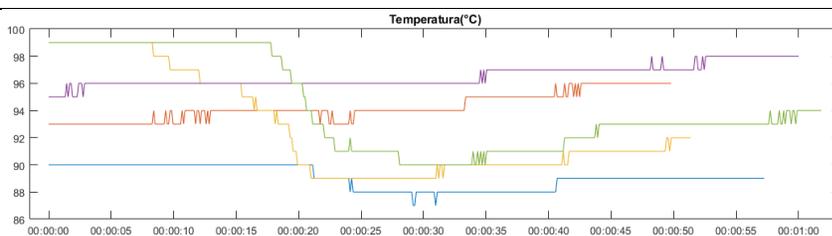
PID's Kia Sportage 2.0L

Datos extraídos (PID)

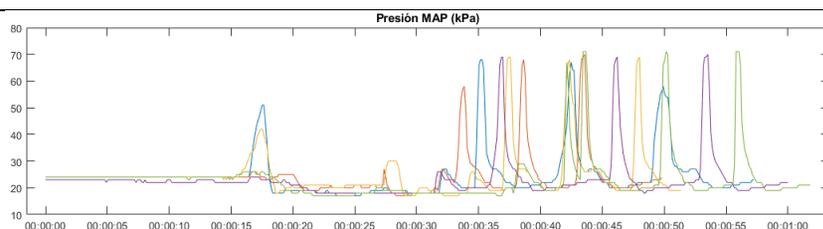
Revoluciones (RPM)



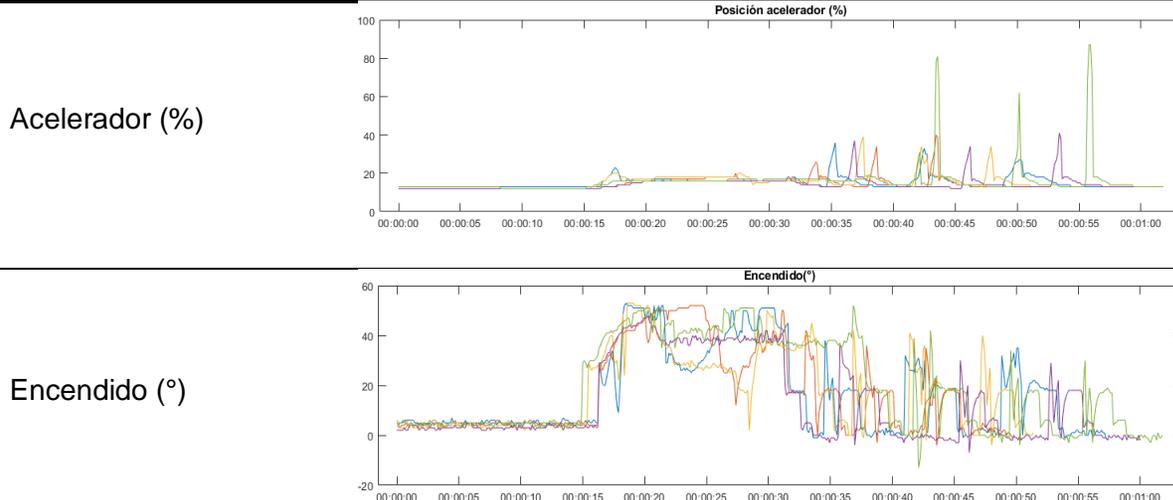
Temperatura (°C)



MAP (kPa)



Datos extraídos (PID)



Nota. Elaborado con la plataforma Matlab versión educativa.

Entrenamiento del módulo genérico de diagnóstico

El entrenamiento se lo realiza mediante un modelo matemático con el uso de la plataforma de programación y cálculo numérico Matlab versión educativa, que es una máquina de resolución de problemas, de acuerdo a las necesidades del usuario.

Generar datos

Mediante la generación de datos y clasificación de forma ordenada se usa la plataforma de programación y cálculo numérico Matlab versión educativa, por lo tanto, se lee la tabla--- de base de datos generada por los autores mediante la función [Diag = readtable].

Tabla 36

Código generación de datos

```

Diag = readtable("DIAGNOSTICO BASE DE DATOS
COM(2).xlsx", "VariableNamingRule", "preserve");

diganosticos = [ "Ralenti normal" "Acelerado progresivo" "Acelerado brusco" ];

    Cat = table;

    for diag = diganosticos
        disp(diag)
        Diag.(diag) = categorical( Diag.(diag) );
        Cat.(diag) = {unique(Diag.(diag))};
        disp(Cat.(diag){1})
    end

```

Para el entrenamiento mediante el modelo matemático se establece la [función diagnósticos] que contiene tres parámetros “Ralenti normal, Acelerado progresivo, Acelerado brusco” para el reconocimiento de datos.

Variables de diagnóstico

El ingreso de la tabla de base de datos de los diagnósticos que se realizó a la muestra de vehículos utilizados para la presente investigación se reconoce por la variable [Diag], en la figura--- se observa cómo se reconoce estos datos.

Figura 57

Ingreso de base de datos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ord.	Nombre vehículo	t0	Ralenti normal	t1	Acelerado progresivo	t2	Acelerado brusco		
1	1' CHEVROLET_ACTIV...	40604	El motor está en ...	52630	Obstucción en el escape...	67733	Motor está en buena...		
2	2' CHEVROLET_ACTIV...	29163	Ralenti irregular. ...	56880	Guías desgastadas o res...	71928	Confirma desgastes ...		
3	3' CHEVROLET_BEAT_...	24425	Ralenti irregular. ...	42304	Válvulas quemadas, baj...	53945	El motor está en bue...		
4	4' CHEVROLET_EMOTI...	48488	El motor está en ...	79922	Motor aparementement...	97436	El motor está en bue...		
5	5' CHEVROLET_SAIL_1...	35392	El motor está en ...	58557	Válvulas quemadas, baj...	66878	Silenciador o cataliz...		
6	6' DFSK_C37_1.4L_2014'	38363	Aros, pistones o c...	61122	Resortes de válvulas déb...	72864	Confirma desgastes ...		
7	7' GREAT WALL_WING...	32050	Mala puesta a pu...	58800	Obstucción en el escape...	73020	El motor está en bue...		
8	8' HYUNDAI_G110_1.2L...	26539	El motor está en ...	45978	Válvulas quemadas, baj...	58577	Confirma desgastes ...		
9	9' HYUNDAI_I10_1.1L_...	26463	El motor está en ...	45787	Motor aparementement...	56885	El motor está en bue...		
10	10' CHEVROLET_FAMIL...	30930	Guías de válvulas ...	53901	Válvulas quemadas, baj...	65918	Confirma desgastes ...		
11	11' KIA_RIO_1.4L_2019'	27110	El motor está en ...	50511	Obstucción en el escape...	64192	Silenciador o cataliz...		
12	12' KIA_RIO_1.6L_2018'	21543	Holgura de bujías...	44944	Motor aparementement...	59344	El motor está en bue...		
13	13' KIA_SPORTAGE_2.0L...	26591	El motor está en ...	43514	Motor aparementement...	59952	El motor está en bue...		
14	14' KIA_PICANTO_1.1L_...	37089	El motor está en ...	48640	Motor aparementement...	58091	Silenciador o cataliz...		

La estructura continua con el siguiente código de programación para reconocer la hoja de cálculo mediante la función [spreadsheetDatastore], como se observa a continuación.

Figura 58

Código reconocimiento hoja de cálculo

```
ssds =
spreadsheetDatastore("DB\","VariableNamingRule="preserve", IncludeSubfolders=true);

    T = table;

    while hasdata(ssds)
        [t,info] = read(ssds);
        TT = extractData(t,info,Diag,diganosticos);
        T = [ T; TT ];
    end

clearvars -except T Diag diganosticos Cat
```

Ingreso de variables

De esta forma se ingresa la variable [T] que contiene una tabla donde se encuentran los datos y las variables requeridas (PID's).

Figura 59

Ingreso de variables y datos (PID's)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
37	817	805.8040	787.3834	791.4888	818.4696	839.9773	832.8379		
38	802	802.8606	812.3753	814.2547	807.6828	803.1324	810.8087		
39	817	812.4504	798.0629	798.6487	844.8519	846.2957	832.0730		
40	834	832.7915	831.6577	833.5830	831.5187	829.4917	835.0270		
41	766	779.2432	772.7610	771.5975	770.7253	772.6017	773.2390		
42	755	748.2903	745.4195	748.3121	747.5267	750.4429	749.6010		
43	747	747.5990	749.7987	749.5990	752.6007	750.9900	753.4010		
44	701	696.2877	698.7780	703.6430	700	699.6960	692.1690		
45	699	703.0596	704.7315	692	690.4295	695.5530	694.8212		
46	701	704.8725	700.8477	697	703.9868	695.9801	695		
47	701	701.2872	704.0807	701	701.5081	693.5050	680.6436		
48	694	699.4561	699.4307	698.4854	700	684	694.4412		
49	694	698.1064	699.2854	701.4658	702.5680	694	701.4885		
50	702	704	695.6107	701.3841	698.1126	693.9060	700		
51	697	695.8744	698.8019	701.4332	701.3528	688	696.8664		
52	700	696.8079	694.9344	695	700.6591	686.6554	698.8270		
53	710	698.7017	697	699.7664	692	693.9828	701		
54	667	662	671.2950	667.9342	664	670.8938	670.8517		
55	595	601	598.1220	601	597	599.7013	597		
56	600	602	600	598.0453	599.9010	597.9133	597.8927		
57	596	601.1308	600.8410	599.8693	598	599	599		
58	629	638	639.0393	641.0854	644	641	639		
59	666	672	672.0714	669	668.0756	672	667.1812		

Modelo matemático

El algoritmo usado para el modelo matemático en la presente investigación es [LEAVE-ONE-OUT CROSSVALIDATION], el cual genera un nivel de certeza en el diagnóstico de manera predecible. Este método se aplica para que el diagnóstico pueda repetirse tantas veces se requiera como observaciones a la salida del reporte.

Tabla 37

Código modelo matemático LEAVE-ONE-OUT CROSSVALIDATION

```
N = size(T,1);
Yfit = table;
for i = 1:N
    disp(i + " de " + N)
    testTable = T(i,:);
    trainTable = T(i~= (1:N),:);
    Classifiers = trainClassifiers(trainTable);
    yfit = diagnosticar(Classifiers,Cat,diganosticos,testTable);
    Yfit = [ Yfit; yfit ];
end
```

Clasificación de datos

Una vez establecido el modelo matemático se clasifican los datos como primera instancia con la función [Classifiers] se clasifican los parámetros de diagnóstico [Ralenti normal, Acelerado progresivo, Acelerado brusco]. Por otra parte, ingresan las variables ["Revoluciones (RPM)" "Temperatura(C)" "MAP (kPa)" "Acelerador (%)" "Encendido (°)"] para realizar el diagnóstico según el vehículo conectado con la función [string].

Tabla 38

Código clasificación de datos

```
function Classifiers = trainClassifiers(T)
    brusca      = trainClassifier_Brusca(T);
    progresivo  = trainClassifier_Progresiva(T);
    ralenti     = trainClassifier_Ralenti(T);
    Classifiers = table;
    Classifiers("Ralenti normal") = ralenti;
    Classifiers("Acelerado progresivo") = progresivo;
    Classifiers("Acelerado brusco") = brusca;
end
```

```

function T = extractData(t,info,Diag,diganosticos)

    t.("Tiempo(ms)") = t.("Tiempo(ms)") - t.("Tiempo(ms)")(1);
    t.("Tiempo(ms)") = duration( 0, 0, t.("Tiempo(ms)"/1000 );

vars = [ "Revoluciones(RPM)" "Temperatura(C)" "MAP(kPa)" "Acelerador(%)"
"Encendido(°)" ];

    NSAMPLES = 101;

    T = table;
    for var = vars
        tt = linspace( t.("Tiempo(ms)")(1), t.("Tiempo(ms)")(end),
NSAMPLES );
        T.(var) = interp1( t.("Tiempo(ms)"), t.(var), tt );
    end

    [filepath,name,ext] = fileparts(info.FileName);

    splt = strsplit(name,'_');
    actualName = strjoin(splt(1:end-2),'_');
    idx = contains(Diag.("Nombre vehiculo"),actualName);

    for diag = diganosticos
        T.(diag) = grp2idx(Diag.(diag)(idx));
    end

    T.nombre = string(Diag.("Nombre vehiculo")(idx));
end

function Yfit = diagnosticar(Classifiers,Cat,diganosticos,testTable)
    Yfit = table;
    Yfit.("Vehiculo") = testTable.nombre;
    for diag = diganosticos
        Yfit.(diag) = Cat.(diag){1}(
Classifiers.(diag).predictFcn(testTable) );
    end
end

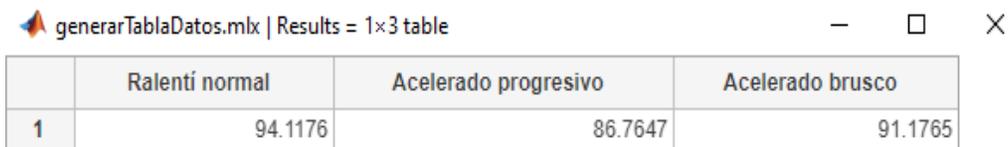
```

Enfoque de validación de datos

Se aplica una estrategia de validación de datos con aprendizaje automático y aprendizaje profundo, el ordenador usa la máxima capacidad de memoria RAM de manera que lo ejecuta obteniendo el nivel de certeza óptimo para el diagnóstico.

Figura 60

Nivel de certeza por aprendizaje automático y aprendizaje profundo



	Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
1	94.1176	86.7647	91.1765

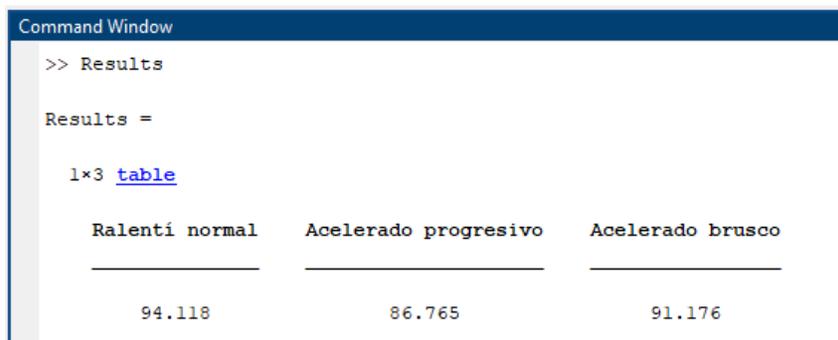
Interpretación de resultados

Se puede observar la ventana en la figura 61 los niveles de certeza para cada parámetro de diagnóstico, en este caso los resultados son los siguientes:

- Prueba 1 (Ralentí normal) un nivel de certeza de 94,118%
- Prueba 2 (Acelerado progresivo) un nivel de certeza de 86,765%
- Prueba 3 (Acelerado brusco) un nivel de certeza de 91.176%

Figura 61

Nivel de certeza



```

Command Window
>> Results
Results =
1x3 table
    Ralentí normal    Acelerado progresivo    Acelerado brusco
    _____    _____    _____
           94.118           86.765           91.176
  
```

Generar diagnóstico

A continuación, el procesamiento de datos generados por el modelo matemático predictivo arroja datos según los datos entregados del vehículo a prueba, es decir, en este punto de la programación se ha entrenado el módulo genérico de diagnóstico para notificar el reporte del estado del motor según las necesidades aplicadas, un ejemplo se puede observar en la figura 62.

Figura 62

Gestión de resultados del diagnóstico

```

Command Window
>> yfit
yfit =
1x4 table
    Vehiculo          Ralenti normal
    "Vehiculo "x"    Ralenti irregular. Mangueras de vacio sueltas o rotas, filtro del aire o de combustible están obstruidos

```

```

Command Window
    Acelerado progresivo          Acelerado brusco
    "Vehiculo "x" Motor aparentemente en buenas condiciones El motor está en buenas condiciones

```

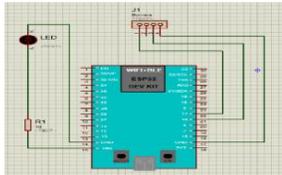
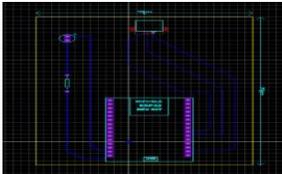
Nota. Resultados de diagnóstico.

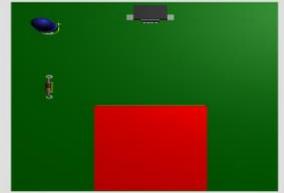
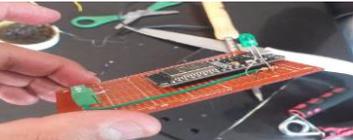
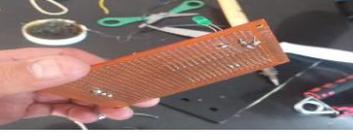
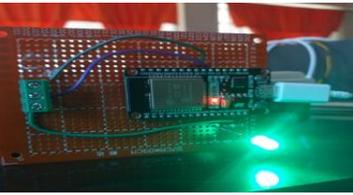
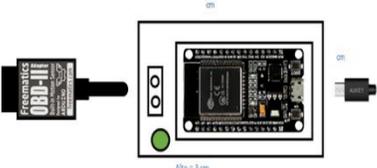
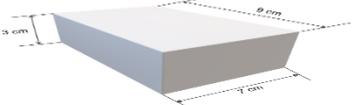
Proceso de construcción del módulo genérico de diagnóstico

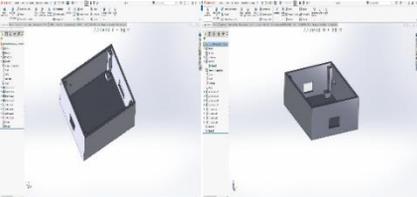
En la siguiente tabla 39, se observa el proceso que se siguió para poder construir el módulo genérico de diagnóstico, en base a elementos y componentes electrónicos, además del uso de software especializado para el diseño del circuito – esquema. Por último, el proceso de impresión en 3D con el material de filamento PLA.

Tabla 39

Proceso de construcción del módulo genérico de diagnóstico y del case

Ord.	Proceso	Evidencia fotográfica
1	Diseño del esquema eléctrico-electrónico	
2	Diseño del circuito impreso 7cm x 9 cm	

Ord.	Proceso	Evidencia fotográfica
3	Construcción del prototipo físico	
4	<p>Adquisición de elementos electrónicos, elementos y materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resistencia 10 ohms - Diodo led color verde - Microcontrolador ESP32 DEVKIT V1 - Bornera 3 entradas - Cautín tipo lápiz - Crema para soldar - Alambre de timbre 30 cm - Estaño 30 cm - Baquelita perforada 	
5	Proceso de suelda de los componentes para el módulo genérico de diagnóstico	
6	Verificación del proceso de suelda de los componentes	
7	Prueba de funcionamiento	
Dimensionamiento del case para el módulo genérico de diagnóstico		
8	Diseño del case para el módulo genérico de diagnóstico	
9	Modelamiento 2D del case (7x9x3) cm	

Ord.	Proceso	Evidencia fotográfica
10	Modelamiento 3D del case	
11	Impresión en 3D con material de filamento PLA	
12	Producto final del módulo genérico de diagnóstico	

Nota. Proceso de construcción del módulo genérico de diagnóstico

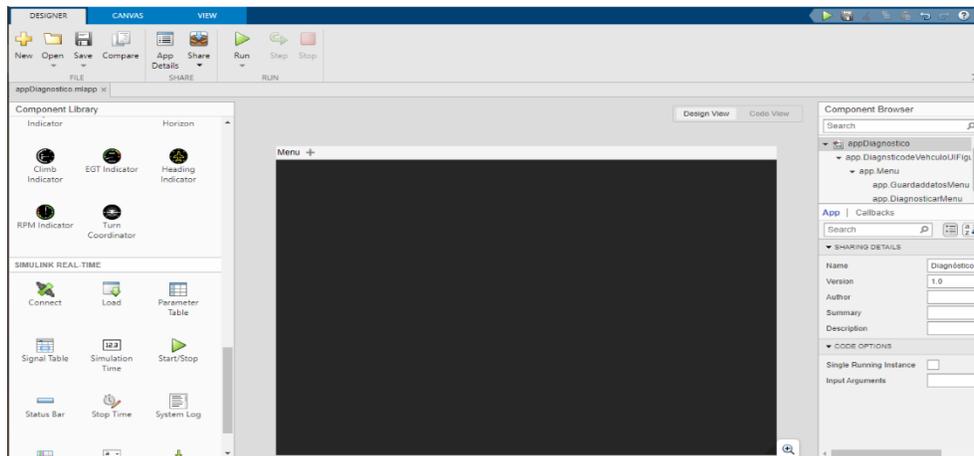
Diseño de la interfaz gráfica

Appdesigner Matlab versión educativa

Se aplica el entorno de trabajo dimensionado para que todos los componentes ingresen en la ventana, se utiliza la galería de componentes el bloque de contenedores y herramientas de figuras [Barra de menú].

Figura 63

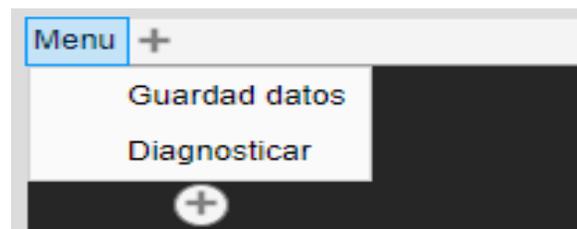
Entorno de trabajo (Barra de menú)



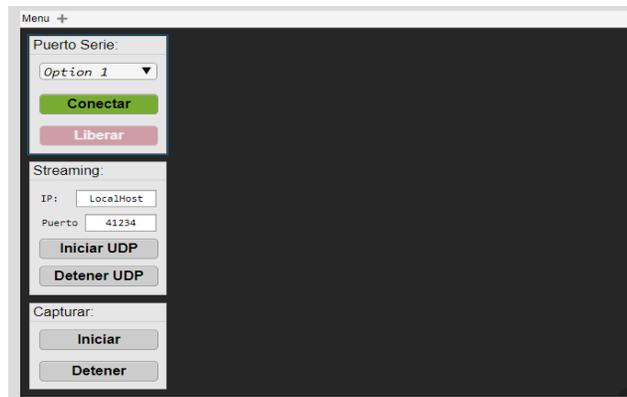
La barra de menú se ve reflejado por dos acciones (Guardar datos y Diagnosticar), utilidades que se podrá recolectar datos de forma exitosa y por medio de la recopilación de datos se generará un diagnóstico, por otra parte, de forma inversa se puede diagnosticar sin guardar los datos, de esta manera se ajusta a las necesidades del usuario.

Figura 64

Barra menú

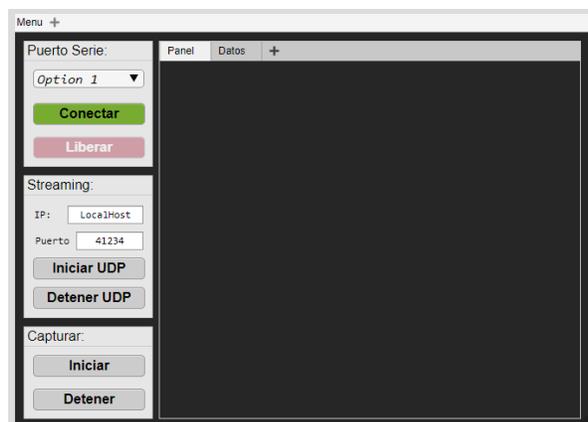


A continuación, se crea un panel donde está compuesto por un grupo de botones y reglas para ingresar valores automáticos, dividido en 3 sub paneles [Puerto serie, Streaming, Capturar].

Figura 65*Panel y grupo de botones*

- Puerto serie se conecta con el módulo genérico de diagnóstico para obtener los datos en tiempo real de las variables.
- Streaming acción que se comunica con una dirección IP para enviar datos del puerto serie a la aplicación web BLYNK ESPEL
- Capturar es el tercer grupo de botones, donde cumple la función de iniciar la recolección de datos para generar el diagnóstico del vehículo a prueba.

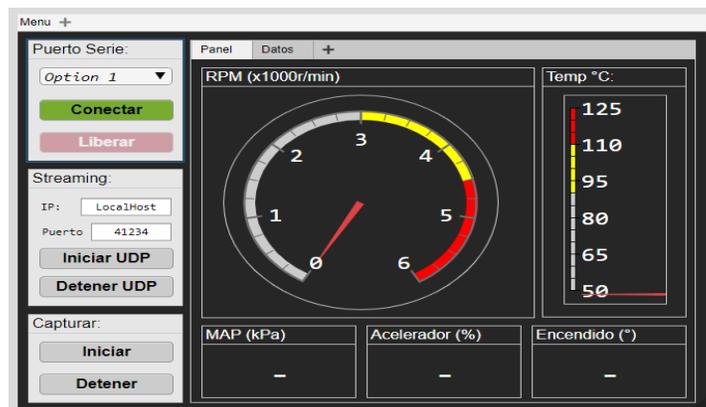
El panel se divide en dos, en la otra parte está constituida por un grupo de pestañas [Panel, Pestañas].

Figura 66*Grupo de pestañas*

En el panel se sitúa 5 ventanas, indicador de rpm, indicador de temperatura y cajas donde se visualiza los valores de los PID's en tiempo real. Aquí se conecta el vehículo DLC con el adaptador OBD-II UART V1 cumpliendo la misma función que un tablero de instrumentos.

Figura 67

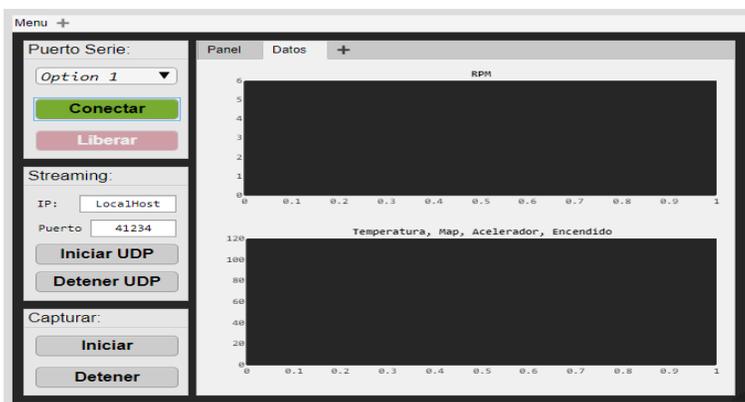
Panel de variables



En la siguiente pestaña se observa los datos en tiempo real, realizando gráficas para observar el comportamiento de las mismas, en relación a la velocidad de comunicación de la ECU. Los colores son representativos, de esta manera se puede distinguir; color verde RPM, color azul temperatura, color naranja MAP, color amarillo acelerador y por último color morado encendido.

Figura 68

Ejes de gráfica

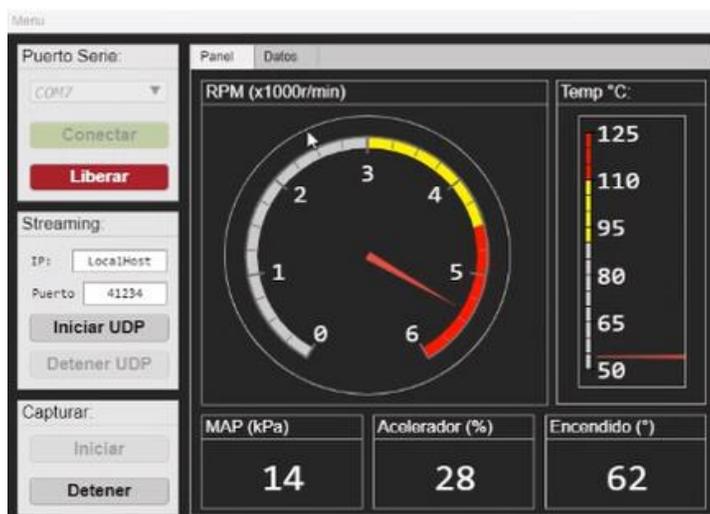


Producto final Appdesigner

En la ventana está introducido un cronómetro para poder realizar el procedimiento correcto de diagnóstico, mencionado anteriormente. De manera conjunta las variables se visualizan en movimiento del reloj e indicador y de valores en las cajas.

Figura 69

Panel de variables en funcionamiento



Una vez puesto en funcionamiento el vehículo de prueba se arrojarán los valores al plano de gráficas, observando cada comportamiento de cada PID.

Figura 70

Comportamiento de las gráficas en el plano



Aplicación Web – Blynk ESPEL

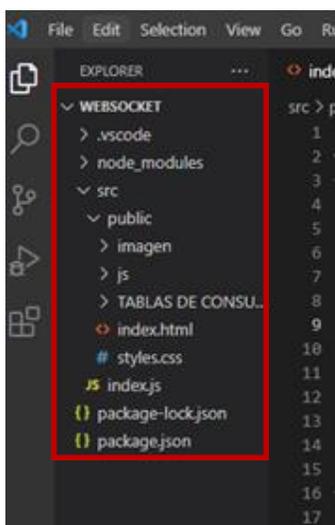
El despliegue de datos y el monitoreo electrónico se comunica a través de una plataforma de aplicación web visual studio code que contiene la siguiente estructura:

Barra lateral de actividades

Esta barra está constituida por ingreso de datos, ingreso de tablas y un sistema de comunicación con el Node MCU ESP32 y plataforma Matlab versión educativa.

Figura 71

Barra lateral de actividades y funciones



Ventana index.html

En esta ventana se puede ingresar el código de programación para generar la estructura de la aplicación web, los cuales se dividen en: variables con reloj, variables en contenido y la opción de visualizar las tablas de diagnóstico según intervalos de altitud, en este caso se puede seleccionar cualquier tabla y con solo presionar se descarga en el ordenador o dispositivo móvil.

Tabla 40

Código de programación ventana index.htm

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <title>BLYNK - ESPEL</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Mensajes con Websockets</title>
  <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.0.0-
beta3/dist/css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet" integrity="sha384-
eOJMYsd53ii+scO/bJGFsiCZc+5NDVN2yr8+0RDqr0Ql0h+rP48ckxlpbzkGwra6" crossorigin="anonymous">
  <script src="js/funciones.js"></script>
  <script src="https://unpkg.com/sweetalert/dist/sweetalert.min.js"></script>
  <script src="js/gauge.min.js"></script>
  <link href="styles.css" rel="stylesheet">
</head>
<body>
  <h1>DIAGNÓSTICO DEL VEHÍCULO</h1>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
  <div id="columnas">
    <div id="gauge-rpm" class="gauge-container">
      <h3>RPM (x1000r/min)</h3>
    </div>
    <div id="gauge-temp" class="gauge-container">
      <h3>Temperatura (°C)</h3>
    </div>
  </div>
  <h2 id="map">MAP: 0 kPa</h2>
  <h2 id="acc">Acelerador: 0%</h2>
  <h2 id="enc">Encendido: 0°</h2>

  <h4>TABLAS DE CONSULTA</h4>
  <div id="links">
    <h5>
      <a href="TABLAS DE CONSULTA ALTITUD/Tabla 1. (0-600)
m.s.n.m.pdf" download>Tabla 1. (0-600) m.s.n.m</a><br>
      <a href="TABLAS DE CONSULTA ALTITUD/Tabla 2. (600-900)
m.s.n.m.pdf" download>Tabla 2. (600-900) m.s.n.m</a><br>
      <a href="TABLAS DE CONSULTA ALTITUD/Tabla 3. (900-1200)
m.s.n.m.pdf" download>Tabla 3. (900-1200) m.s.n.m</a><br>
      <a href="TABLAS DE CONSULTA ALTITUD/Tabla 4. (1200-1500) m.s.n.m.pdf"
download>Tabla 4. (1200-1500) m.s.n.m</a><br>
      <a href="TABLAS DE CONSULTA ALTITUD/Tabla 5. (1500-1800) m.s.n.m.pdf"
download>Tabla 5. (1500-1800) m.s.n.m</a><br>
      <a href="TABLAS DE CONSULTA ALTITUD/Tabla 6. (1800-2100) m.s.n.m.pdf"
download>Tabla 6. (1800-2100) m.s.n.m</a><br>
      <a href="TABLAS DE CONSULTA ALTITUD/Tabla 7. (2100-2400) m.s.n.m.pdf"
download>Tabla 7. (2100-2400) m.s.n.m</a><br>
      <a href="TABLAS DE CONSULTA ALTITUD/Tabla 8. (2400-2850) m.s.n.m.pdf"
download>Tabla 8. (2400-2850) m.s.n.m</a><br>
      <a href="TABLAS DE CONSULTA ALTITUD/Tabla 9. (2850-3150) m.s.n.m.pdf"
download>Tabla 9. (2400-2850) m.s.n.m</a><br>
    </h5>
  </div>
</body>
</html>

```

Ventana styles.css

En esta ventana se puede modificar la apariencia de la aplicación web, involucrando tamaño de letra, tipo de letra, orientación de la letra, insertar íconos, transparencia, color, fondos de pantalla.

Tabla 41

Código de programación ventana styles.css

```
body{
  background-image: url(https://media.istockphoto.com/photos/set-9-hexagon-background-
and-texture-picture-
id621356396?k=20&m=621356396&s=170667a&w=0&h=YOlzVrPZk_JCzFQbHwtkk92JocSlNQYCxlJwhDzP0W4=);
}
h1{
  color:aliceblue;
  text-align: center;
  font-size: 38px;
  font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;
}
#columnas{
  column-count:2;
  column-gap:20px;
  border: solid;
  column-rule: solid;
}
h2{
  text-align: left;
  font-size: 36px;
  margin: 25px;
  color: white;
  font-family: consolas;
}
h3{
  text-align: center;
  font-size: 30px;
  color: white;
  font-family: consolas;
}
.gauge-container > .gauge > .dial {
  stroke: #334455;
  stroke-width: 12;
}
.gauge-container > .gauge > .value {
  stroke-width: 10;
}
.gauge-container > .gauge > .value-text {
  fill: rgb(47, 227, 255);
  font-family: consolas;
  font-weight: bold;
  font-size: 0.6em;
}
h4{
  text-align: center;
  color: white;
  font-size: 30px;
}
h5{
  color: yellow;
```

```

text-align: center;
margin: 25px;
}

#links{
text-align: center;
}

```

Ventana index.js

En la última ventana se conecta el servidor con la dirección IP de cualquier ordenador en el que se esté realizando el diagnóstico, además es el encargado de activar el puerto del microcontrolador ESP32 para poder desplegar los datos en la aplicación web.

Tabla 42

Código de programación ventana index.js

```

const path = require("path");
const express = require("express");
const cors = require("cors");
const app = express();
const server = require("http").Server(app);
const WebSocketServer = require("websocket").server;

const webName = "WEB Server:";
const updName = "UDP Server:";

let vehicleData = {
  rpm: 0,
  temp: 0,
  map: 0,
  acc: 0,
  enc: 0,
};

let diagnostico = {
  diag: [],
  msgs: []
}

//----- servidor udp -----
let udp = require("dgram");
const { json } = require("express");

let udpServer = udp.createSocket("udp4");

udpServer.on("connect", ()=>{
  console.log(updName,"Se ha conectado un nuevo cliente!");
})

udpServer.on("close", ()=>{
  console.log(updName,"Se ha desconectado un nuevo cliente!");
})

udpServer.on("listening", ()=>{
  let address = udpServer.address();
  let port = address.port;
  console.log(updName,"UDP Server is listening at port",port);
});

udpServer.on("message", (msg,info)=>{
  str = msg.toString();
  str = str.replaceAll("'a","á");
}

```

```

    str = str.replaceAll("'e","é");
    str = str.replaceAll("'i","í");
    str = str.replaceAll("'o","ó");
    str = str.replaceAll("'u","ú");

    aux = JSON.parse(str);

    if(aux.hasOwnProperty('msgs')){
        diagnostico = aux;
        console.log(diagnostico)
        setTimeout(()=>{
            diagnostico = {
                diag: [],
                msgs: []
            };
        }, 500 );
    }else{
        vehicleData = aux;
        console.log(vehicleData)
    }
});

udpServer.on("error", (error)=>{
    console.log(udpName, `Error ${error}`);
    udpServer.close();
});
//-----

app.set("puerto", 3000);
app.use(cors());
app.use(express.json());
app.use(express.static(path.join(__dirname, "./public")));

const wsServer = new WebSocketServer({
    httpServer: server,
    autoAcceptConnections: false
});

wsServer.on("request", (request)=>{
    const connection = request.accept(null, request.origin);
    connection.on("message", (message)=>{
        console.log("Mensaje recibido:",message.utf8Data);

        setInterval(() => {
            connection.sendUTF( JSON.stringify(vehicleData) );
            connection.sendUTF( JSON.stringify(diagnostico) );
        }, 500 );
    });
    connection.on("close", (reasonCode,description)=>{
        console.log("El cliente se desconecto!");
    })
})

udpServer.bind(41234);

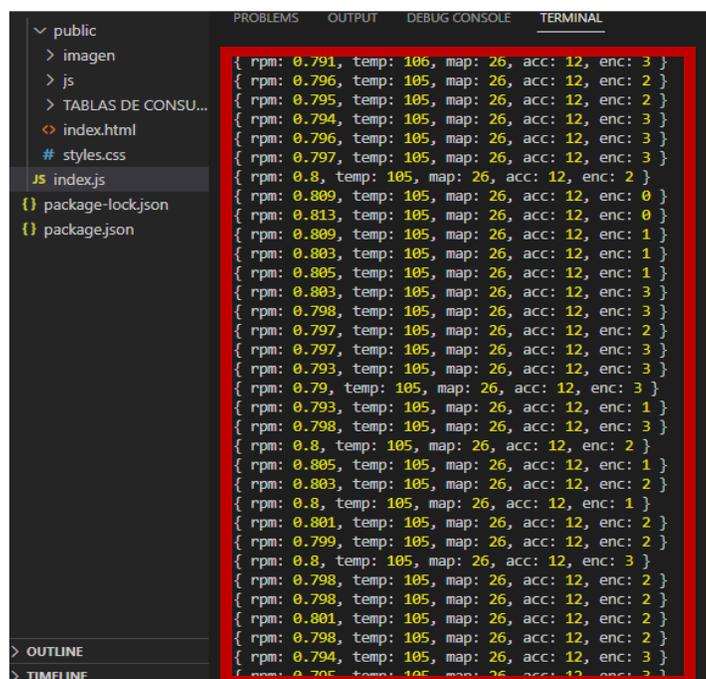
server.listen(app.get("puerto"), ()=>{
    console.log("Servidor iniciado en el puerto:",app.get("puerto"));
})

```

De tal manera que los datos generados en el panel se obtienen en el terminar desplegando los datos del monitoreo electrónico en tiempo real como se puede observar en la figura.

Figura 72

Despliegue de datos



The image shows a terminal window with a file explorer on the left and a terminal output on the right. The file explorer shows a directory structure with files like index.html, styles.css, and package.json. The terminal output displays a list of JSON objects, each containing five numerical values: rpm, temp, map, acc, and enc. The data points are as follows:

```
{ rpm: 0.791, temp: 106, map: 26, acc: 12, enc: 3 }
{ rpm: 0.796, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 2 }
{ rpm: 0.795, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 2 }
{ rpm: 0.794, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 3 }
{ rpm: 0.796, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 3 }
{ rpm: 0.797, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 3 }
{ rpm: 0.8, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 2 }
{ rpm: 0.809, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 0 }
{ rpm: 0.813, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 0 }
{ rpm: 0.809, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 1 }
{ rpm: 0.803, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 1 }
{ rpm: 0.805, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 1 }
{ rpm: 0.803, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 3 }
{ rpm: 0.798, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 3 }
{ rpm: 0.797, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 2 }
{ rpm: 0.797, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 3 }
{ rpm: 0.793, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 3 }
{ rpm: 0.79, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 3 }
{ rpm: 0.793, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 1 }
{ rpm: 0.798, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 3 }
{ rpm: 0.8, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 2 }
{ rpm: 0.805, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 1 }
{ rpm: 0.803, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 2 }
{ rpm: 0.8, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 1 }
{ rpm: 0.801, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 2 }
{ rpm: 0.799, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 2 }
{ rpm: 0.8, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 3 }
{ rpm: 0.798, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 2 }
{ rpm: 0.798, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 2 }
{ rpm: 0.801, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 2 }
{ rpm: 0.798, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 2 }
{ rpm: 0.794, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 3 }
{ rpm: 0.795, temp: 105, map: 26, acc: 12, enc: 2 }
```

Producto final de la aplicación web Blynk - Espel

Mediante la activación del puerto en la dirección IP que se esté usando durante el diagnóstico el despliegue de datos se producirá mediante un sistema de comunicación entre la plataforma Matlab versión educativa con la aplicación web Blynk-Espel como se puede observar en la figura 73.

Figura 73

Aplicación web Blynk - Espel

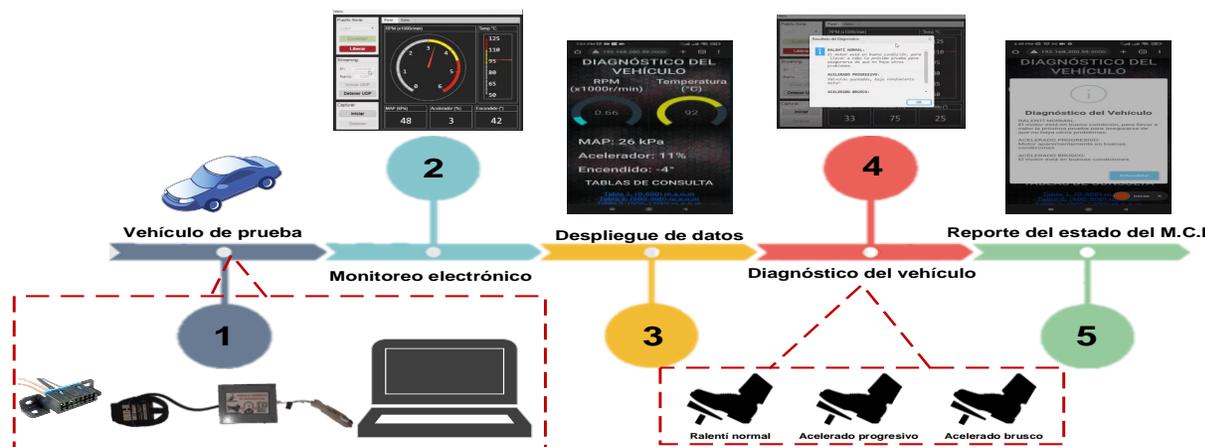


Proceso de funcionamiento y uso del módulo genérico de diagnóstico

El proceso de funcionamiento se basa en 5 pasos principales que se clasifican en: vehículo de prueba, monitoreo electrónico, despliegue de datos, diagnóstico del vehículo y reporte del estado del motor de combustión interna a gasolina con inyección electrónica. El procedimiento detallado de uso y conexión (manual de uso), se puede observar en el anexo 24.

Figura 74

Proceso de funcionamiento del módulo genérico de diagnóstico



Capítulo IV

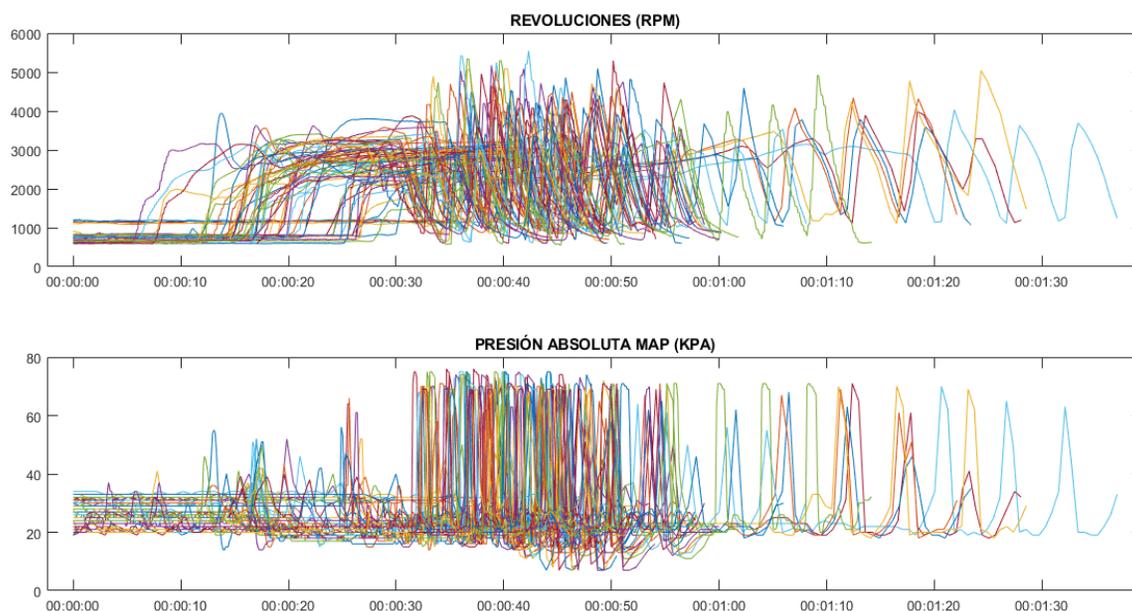
Pruebas y Análisis de resultados

Análisis de mediciones

En la presente investigación se tomó una muestra de catorce vehículos de las diferentes marcas existentes en el país, por cada muestra se realizaron cinco tomas de datos del proceso de diagnóstico por vacuómetro, con el fin de obtener un alto nivel de certeza del modelo matemático que se empleó para el entrenamiento del módulo genérico de diagnóstico. Mediante el uso de la plataforma de programación y cálculo numérico Matlab R2021b versión educativa se representan gráficamente las variables de revoluciones por minuto (RPM) y la presión absoluta en el múltiple de admisión (MAP) a una altitud de la ciudad de Quito 2850 msnm. En la figura 75, se observa gráficamente como varían las variables anteriormente descritas, este efecto es producido para poder llevar a cabo el procedimiento para el diagnóstico por vacuómetro ya que se necesita hacer pruebas a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca.

Figura 75

Gráficas de RPM y MAP generada por Matlab R2021b versión educativa



Análisis de Datos

Por efecto de una mejor visualización de la idea general para la interpretación de los resultados, en las siguientes figuras que se describen a continuación se grafican las variables de revoluciones del motor (RPM), vacío del motor (kPa) de los catorce vehículos que se utilizaron para llevar a cabo la investigación.

En ralentí el motor genera vacío y eso es inmediatamente detectado por el sensor MAP, en las gráficas que se presentan a continuación se indica el desarrollo de las tres pruebas descritas para realizar el diagnóstico por vacío estas son: ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca, estas pruebas se desarrollaron en un intervalo de 0 a 15 000 ms, de 15 000 a 40 000 ms, de 40 000 a 55 000 ms y de 55 000 a 60 000 ms respectivamente.

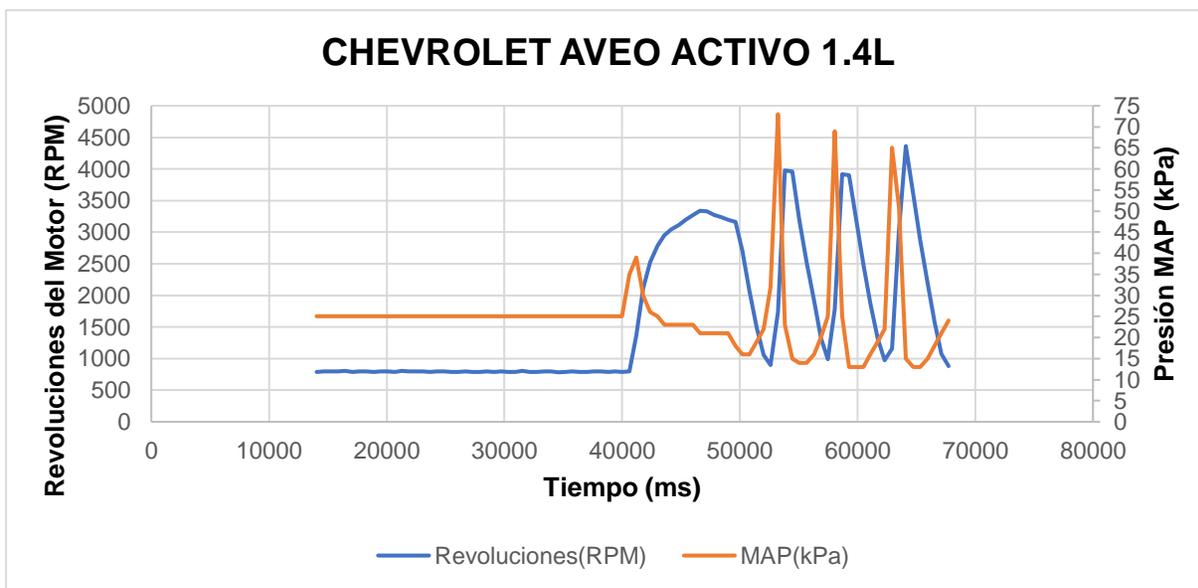
Datos del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.4L

La figura 76 indica que el valor de 25 kPa que es captado por el sensor MAP en marcha mínima (ralentí) a 790 RPM, a medida que las revoluciones del motor aumentan, el vacío que se genera en el colector de admisión sube y baja considerablemente, este cambio se observa en la prueba de aceleración progresiva, las revoluciones del motor van de un valor de 790 hasta 3 270 RPM describiendo una curva creciente, también se observa que se produce un decrecimiento de la curva hasta 3 160 RPM, el sensor MAP capta valores de presión de vacío que van desde 25 kPa hasta los 39 kPa describiendo una curva creciente, en este punto decrece la curva hasta un valor de 16 kPa, todo esto debido a la acción del proceso de acelerar el motor, es en este punto en donde la prueba de aceleración progresiva culmina y las revoluciones empiezan a descender hasta aproximadamente 900 RPM, se estabiliza el motor y empieza la prueba de aceleración brusca generándose tres picos de aceleración de izquierda a derecha; el primer pico inicia en 900 RPM y llega hasta las 4 000 RPM generando un vacío en el colector de admisión que va de 15 kPa hasta 73 kPa, para el segundo pico, las revoluciones de motor se estabilizan e inician en 1 000 RPM y van hasta 3 900 RPM generando un vacío en

el colector de admisión que va desde los 14 kPa hasta 69 kPa y para el tercer pico, las revoluciones se estabilizan e inician desde las 1 000 RPM hasta 4 400 RPM generando una presión de vacío que va los 13 kPa hasta 65 kPa, culminadas las pruebas, finalmente el motor se estabiliza en 880 RPM y 24 kPa.

Figura 76

Sensor MAP y RPM del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.4L



Nota. Presión de vacío en kPa con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.4L

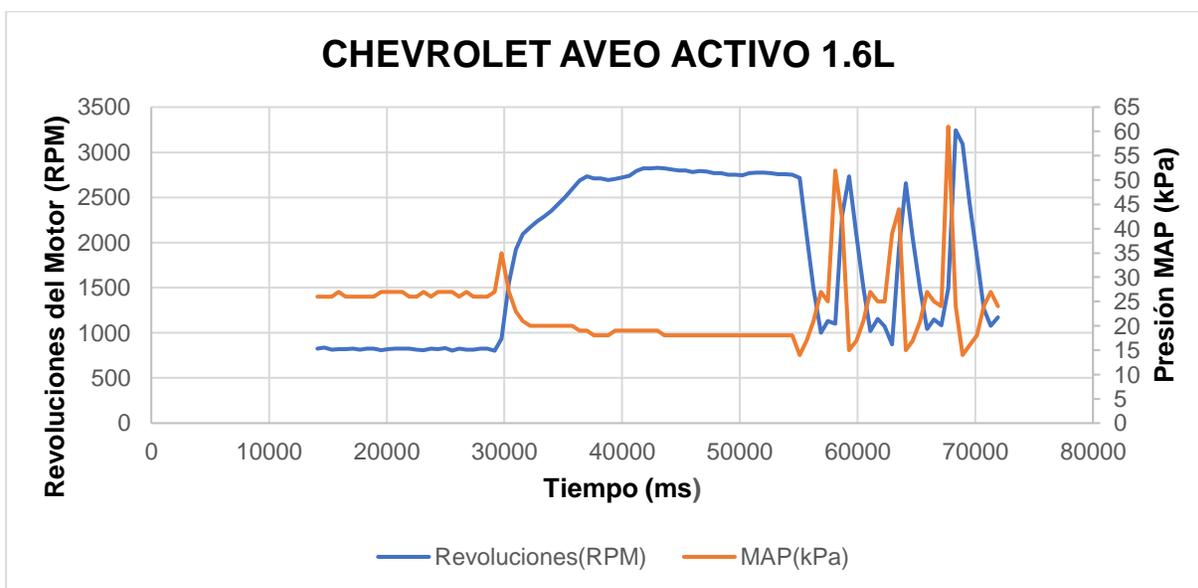
Datos del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.6L

En la siguiente figura 77 se aprecia que a ralentí aproximadamente a 830 RPM el sensor MAP capta un presión de vacío de 26 kPa, a medida que las revoluciones del motor aumentan el vacío que se genera en el colector de admisión sube y baja considerablemente, en la prueba de aceleración progresiva se puede identificar este cambio de las revoluciones del motor que van de un valor mínimo a un valor máximo de 830 hasta 2 800 RPM respectivamente manteniéndose relativamente constante, de igual manera el sensor MAP capta valores de vacío que van desde 27 kPa hasta 35 kPa y un decrecimiento hasta 14 kPa,

una vez que haya finalizado la prueba de aceleración progresiva las revoluciones empiezan a descender hasta 1 000 RPM en ese punto se estabiliza el motor y empieza la prueba de aceleración brusca, generando tres picos de aceleraciones de izquierda a derecha, el primer pico inicia en 1 000 RPM y llega hasta las 2 730 RPM generando una presión de vacío que va de 14 kPa hasta 52 kPa, para el segundo pico las revoluciones de motor se estabilizan e inician en 866 RPM y van hasta 2 659 RPM, el sensor MAP capta los valores que va desde los 15 kPa hasta 44 kPa y para el tercer pico las revoluciones se estabilizan e inician desde las 1 147 RPM hasta 3 230 RPM generando una presión de vacío de 17 kPa hasta los 61 kPa culminadas las pruebas, el motor se estabiliza en las 1 170 RPM y 24 kPa.

Figura 77

Sensor MAP y RPM del vehículo Aveo Activo 1.6L



Nota. Presión de vacío en kPa con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.6L

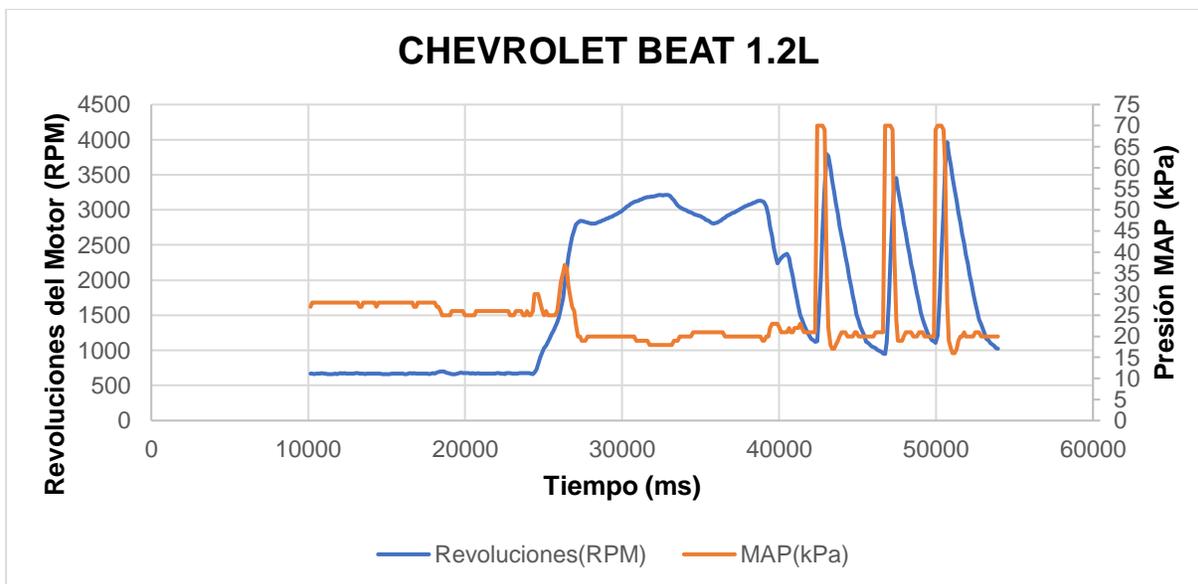
Datos del vehículo Chevrolet BEAT 1.2L

En la figura 78 se observa que a marcha mínima (ralentí) aproximadamente a unas 670 RPM el sensor MAP capta un valor presión de vacío de 28 kPa con variaciones no tan

significativas que van hasta los 25kPa, a medida que las revoluciones del motor aumentan, la presión de vacío que se genera en el colector de admisión sube y baja considerablemente, en la prueba de aceleración progresiva las revoluciones del motor van de un valor mínimo a un valor máximo de 664 hasta 3 170 RPM de igual manera el sensor MAP capta valores de presión de vacío que va de manera ascendente desde 26 kPa hasta 36kPa y un decrecimiento de 18 kPa estabilizándose en los 21 kPa , una vez que haya finalizado la prueba de aceleración progresiva las revoluciones empiezan a descender hasta aproximadamente 1 120 RPM, en este punto se estabiliza el motor y empieza la prueba de aceleración brusca generándose tres picos de aceleración de izquierda a derecha, el primer pico inicia en 1 120 RPM y llega hasta las 3 760 RPM generando una presión de vacío de 21 kPa hasta 70 kPa, para el segundo pico, las revoluciones de motor se estabilizan e inician en 960 RPM y van hasta 3 450 RPM, el vacío que se genera va desde los 17 kPa hasta 70 kPa y para el tercer pico, las revoluciones se estabilizan e inician desde las 1 100 RPM hasta 3 800 RPM generando una presión de vacío que va los 20 kPa hasta los 70 kPa, finalmente el motor se estabiliza en las 1 000 RPM y 20 kPa en el colector de admisión.

Figura 78

Sensor MAP y RPM del vehículo Chevrolet BEAT 1.2L



Nota. Presión de vacío en kPa con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca del vehículo Chevrolet BEAT 1.2L

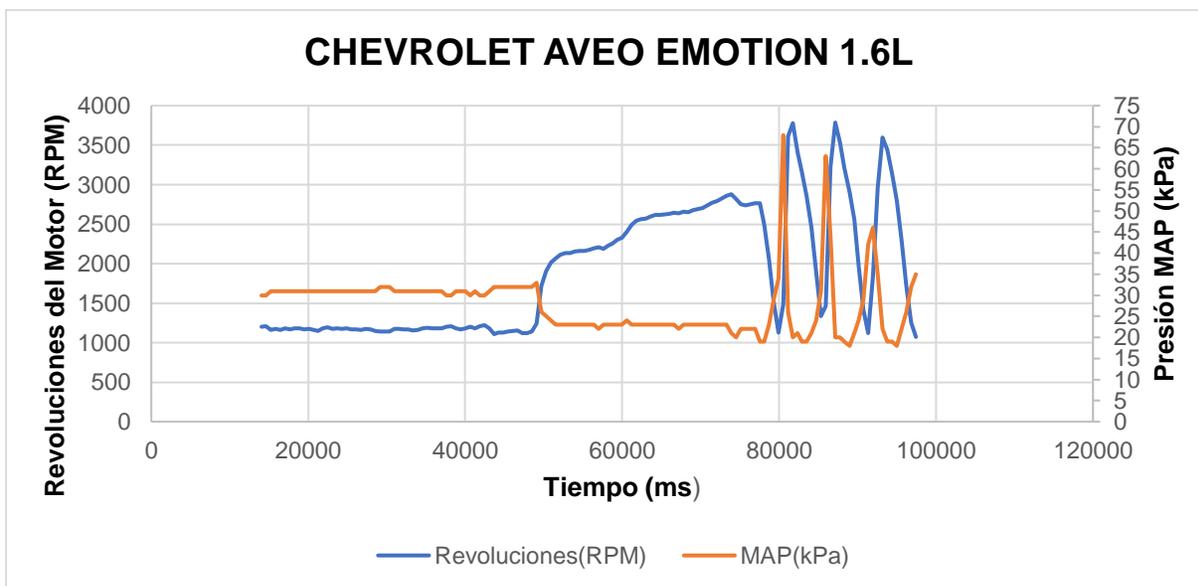
Datos del vehículo Chevrolet AVEO EMOTION 1.6L

Como se indica en la figura 79 se observa que a ralentí aproximadamente a unas 1 200 RPM el sensor MAP capta un valor de 31 kPa con variaciones no tan significativas en presión de vacío que van hasta los 33 kPa, en la prueba de aceleración progresiva, las revoluciones del motor van de un valor mínimo a un valor máximo de 1 200 hasta 2 820 RPM, de igual manera el sensor MAP capta valores que decrecen en 33 kPa hasta 19 kPa, una vez que haya finalizado la prueba de aceleración progresiva las revoluciones empiezan a descender hasta aproximadamente 1 100 RPM, se estabiliza el motor y empieza la prueba de aceleración brusca generándose tres picos de aceleración, el primer pico inicia en 1 080 RPM y llega hasta las 3 780 RPM generando una presión de vacío en el colector de admisión que va de 19 kPa hasta 68 kPa, para el segundo pico las revoluciones de motor se estabilizan e inician en 1 300 RPM y van hasta 3 786 RPM y el sensor MAP capta valores desde los 20 kPa hasta 63 kPa, para el tercer pico, las revoluciones se estabilizan e inician desde las 1 123 RPM hasta 3 595

RPM generando una presión de vacío que va los 19 kPa hasta los 46 kPa, culminadas las tres pruebas el motor se estabiliza en las 1 073 RPM y 35 kPa en el colector de admisión.

Figura 79

Sensor MAP y RPM del vehículo Chevrolet AVEO EMOTION 1.6L



Nota. Presión de vacío del motor medido por el sensor MAP con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca

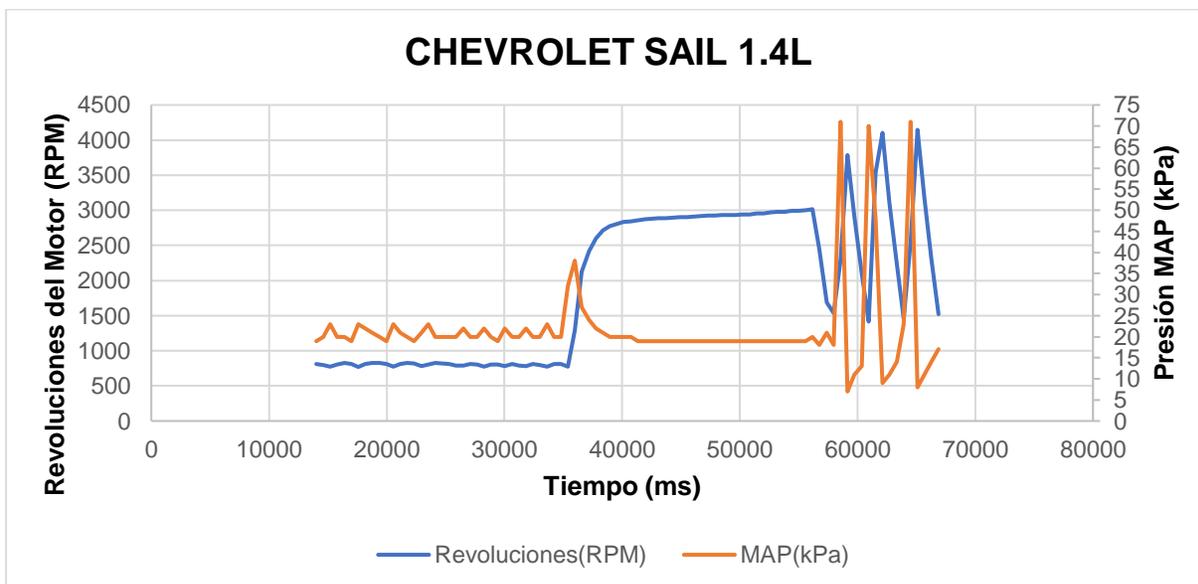
Datos del Chevrolet AVEO SAIL 1.4L

En la figura 80 se observa que el motor en marcha mínima va de 800 a 810 RPM, el sensor MAP capta un valores de 20 kPa con variaciones significativas en presión de vacío que van hasta los 23 kPa, a medida que las revoluciones del motor aumentan el vacío que se genera en el colector de admisión sube y baja considerablemente, este cambio se observa en la prueba de aceleración progresiva, las revoluciones del motor van de un valor mínimo a un valor máximo de 808 hasta 3 000 RPM, de igual manera el sensor MAP capta valores que van desde 20 kPa hasta 38 kPa y se presenta un decrecimiento hasta 18 kPa, una vez que haya finalizado la prueba de aceleración progresiva las revoluciones empiezan a descender hasta aproximadamente 1 700 RPM con el motor, empieza la prueba de aceleración brusca

generándose tres picos de aceleración, el primer pico inicia en 1 700 RPM y llega hasta las 3 790 RPM generando un vacío en el colector de admisión que va de 21 kPa hasta 71 kPa, para el segundo pico, las revoluciones de motor se estabilizan e inician en 1 400 RPM y van hasta 4 100 RPM, el sensor MAP capta valores de 13 kPa hasta 70 kPa y para el tercer pico, las revoluciones se estabilizan e inician desde las 1 500 RPM hasta 4 150 RPM generando una presión de vacío que va los 14 kPa hasta los 71 kPa, finalmente el motor se estabiliza en las 1 525 RPM y 17 kPa en el colector de admisión.

Figura 80

Sensor MAP y RPM del vehículo Chevrolet SAIL 1.4L



Nota. Presión de vacío del motor medido por el sensor MAP con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca del vehículo Chevrolet SAIL 1.4L.

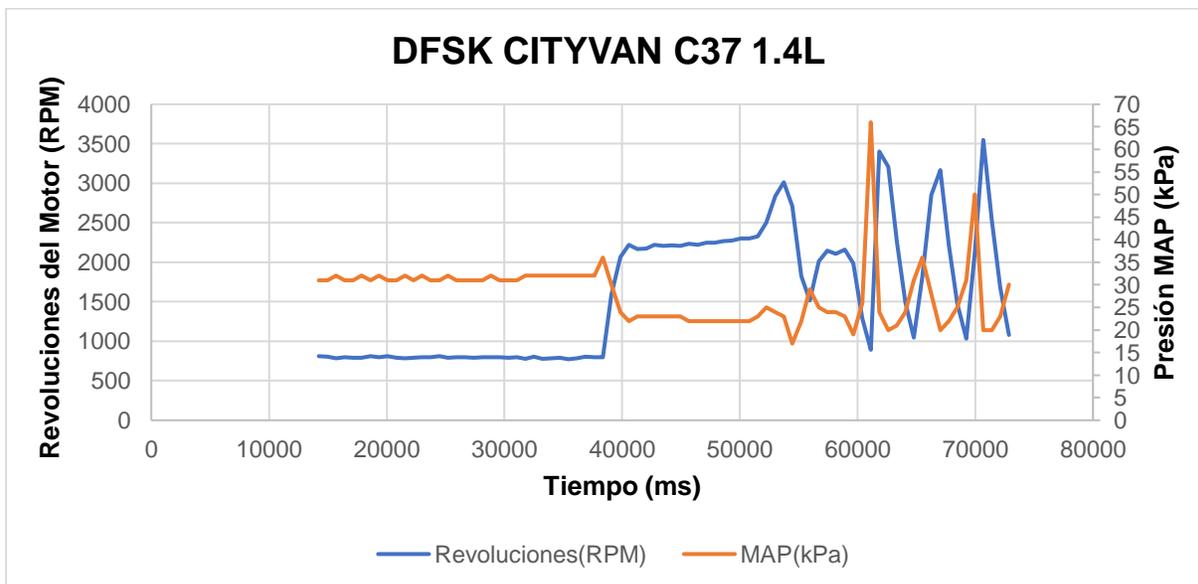
Datos del vehículo DFSK CITYVAN C37 1.4L

En la figura 81 se observa que el motor en marcha mínima marca 800 RPM, el sensor MAP capta un valores de 31 kPa con variaciones significativas hasta los 32 kPa, a medida que las revoluciones del motor aumentan el vacío que se genera en el colector de admisión crece y decrece considerablemente, este cambio se observa en la prueba de aceleración progresiva,

las revoluciones del motor van de un valor de 808 hasta 2 170 RPM, se observa un crecimiento por acción del pedal del acelerador hasta un valor máximo de 3 014 RPM, de igual manera el sensor MAP capta valores que van desde 32 kPa hasta 36 kPa y se presenta un decrecimiento hasta 19 kPa, una vez que se haya finalizado la prueba de aceleración progresiva las revoluciones empiezan a descender hasta 893 RPM, el motor se estabilizan y empieza la prueba de aceleración brusca generándose tres picos de aceleración, el primer pico inicia en 893 RPM y llega hasta las 3 400 RPM y generando un valor de 19 kPa hasta 66 kPa, para el segundo pico, las revoluciones de motor se estabilizan e inician en 1 045 RPM y van hasta 3 168 RPM produciendo un vacío en el colector de admisión que va desde los 21 kPa hasta 36 kPa y para el tercer pico, las revoluciones se estabilizan e inician desde las 1 035 RPM hasta 3 548 RPM generando una presión de vacío que va de los 22 kPa hasta los 50 kPa, culminadas las tres pruebas el motor se estabiliza en las 1 080 RPM y 30 kPa en el colector de admisión.

Figura 81

Sensor MAP y RPM del vehículo DFSK CITYVAN C37 1.4L



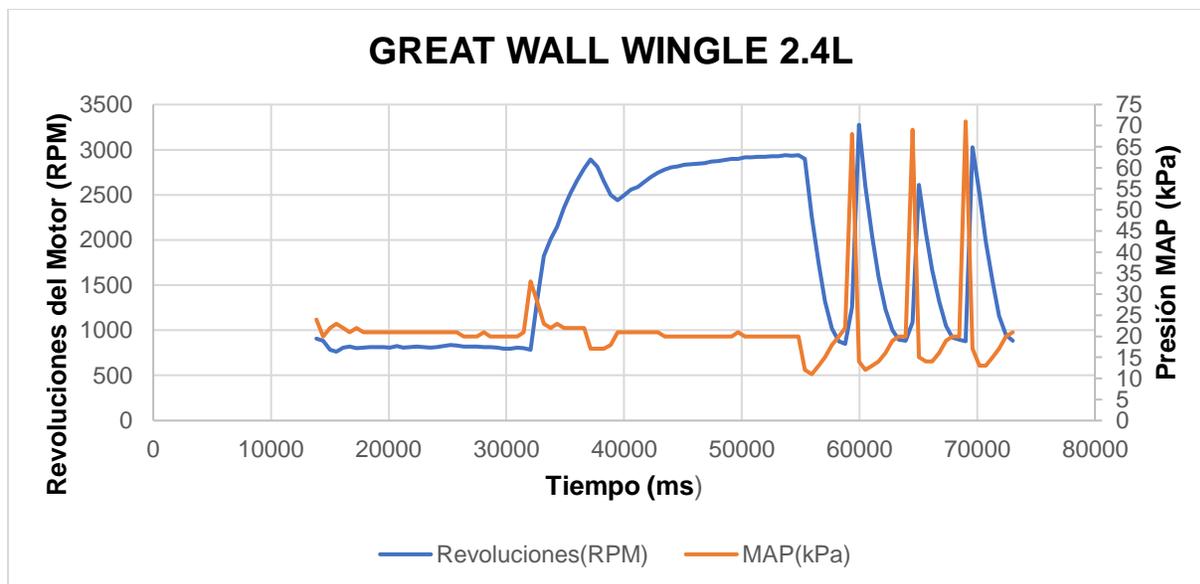
Nota. Presión de vacío del motor medido por el sensor MAP con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca del vehículo DFSK CITYVAN C37

Datos de la Pick up Great Wall Wingle 2.4L

Mediante la figura 82 se observa que en marcha mínima el motor está a 820 RPM, el sensor MAP capta un valor de 20 kPa, a medida que las revoluciones del motor aumentan el vacío que se genera en el colector de admisión crece y decrece considerablemente, este cambio se observa en la prueba de aceleración progresiva, las revoluciones del motor van de un valor de 784 hasta 2 808 RPM, en este punto inicia un decrecimiento por acción del pedal del acelerador hasta un valor de 2 442 RPM, en este punto hay un crecimiento de las RPM de un valor de 2 901, de igual manera el sensor MAP capta valores que van desde 21 kPa hasta 33 kPa y se presenta un decrecimiento hasta 17 kPa desde ese punto se presenta un crecimiento constante hasta 20 kPa, una vez que ha finalizado la prueba de aceleración progresiva las revoluciones empiezan a descender hasta aproximadamente 850 RPM en este punto se estabiliza el motor y empieza la prueba de aceleración brusca generándose tres picos de aceleración, el primer pico inicia en 850 RPM y llega hasta las 3 276 RPM generando una presión de vacío en el colector de admisión que va de 20 kPa hasta 68 kPa, para el segundo pico, las revoluciones de motor se estabilizan e inician en 920 RPM y van hasta 2 610 RPM, en el colector de admisión el sensor MAP capta valores de 19 kPa hasta 69 kPa y para el tercer pico, las revoluciones se estabilizan e inician desde las 920 RPM hasta 3 030 RPM generando una presión de vacío que va de los 20 kPa hasta los 71 kPa, culminadas las tres pruebas el motor se estabiliza en las 980 RPM y 21 kPa.

Figura 82

Sensor MAP y RPM de la Pick up Great Wall Wingle 2.4L



Nota. Presión de vacío del motor medido por el sensor MAP con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca en la Pick up Great Wall Wingle 2.4L

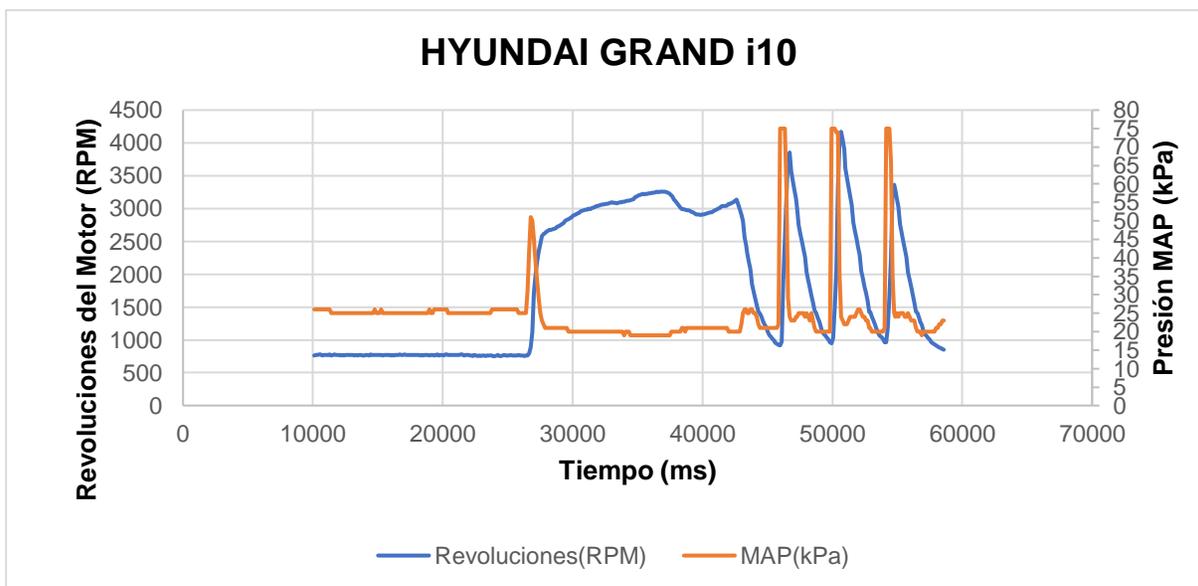
Datos del vehículo HYUNDAI GRAND i10 1.2L

Para el vehículo Hyundai Grand i10 en la figura 83 se observa que el motor marca 760 RPM en ralentí, el sensor MAP capta un valor de 26 kPa, a medida que las revoluciones del motor aumentan el vacío que se genera en el colector de admisión crece y decrece, este cambio se observa en la prueba de aceleración progresiva, las revoluciones del motor van de un valor de 797 hasta 3 183 RPM, en este punto inicia un decrecimiento por acción de la apertura de la aleta de aceleración hasta un valor de 2 906 RPM, hay un crecimiento de las RPM hasta un valor de 3 065, de igual manera el sensor MAP capta valores de depresión que van desde 25 kPa hasta 51 kPa y se presenta un decrecimiento hasta 20 kPa, se estabiliza el valor del sensor MAP en un rango de 26 a 21 kPa, una vez que haya finalizado la prueba de aceleración progresiva las revoluciones empiezan a descender hasta aproximadamente 936 RPM, se estabiliza el motor y empieza la prueba de aceleración brusca generando tres picos de aceleración, el primer pico inicia en 936 RPM y llega hasta las 3 852 RPM generando un valor de 21 kPa hasta 75 kPa, para el segundo pico, las revoluciones de motor se estabilizan e inician

en 950 RPM y van hasta 4 050 RPM produciendo así una presión de vacío en el colector de admisión que va desde los 20 kPa hasta 75 kPa y para el tercer pico, las revoluciones se estabilizan e inician desde las 960 RPM hasta 3 330 RPM generando una presión de vacío que va los 20 kPa hasta los 75 kPa, el motor se estabiliza en las 853 RPM y 23 kPa.

Figura 83

Sensor MAP y RPM del vehículo HYUNDAI GRAND i10 1.2L



Nota. Presión de vacío del motor medido por el sensor MAP con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca en el vehículo Hyundai Grand i10

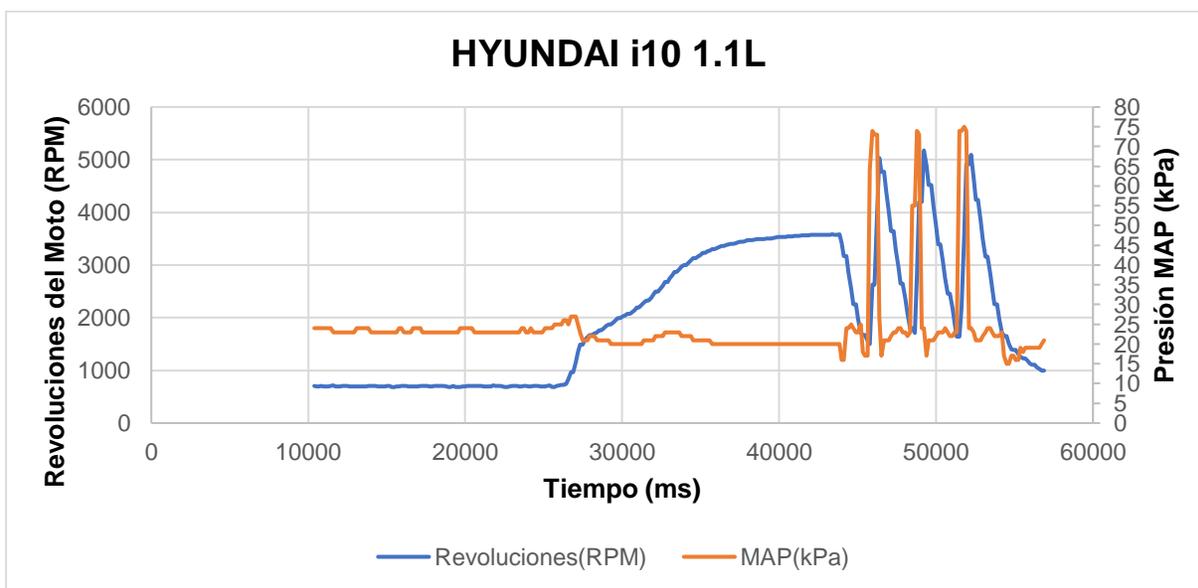
Datos del vehículo HYUNDAI i10 1.1L

A ralentí el motor del vehículo Hyundai i10 indica 700 RPM esto se observa en la figura 84, el sensor MAP capta un valor de presión de vacío de 23 kPa, las revoluciones del motor van de un valor de 744 hasta 3 585 RPM describiendo una curva creciente, en este punto inicia un decrecimiento por acción de la apertura de la aleta de aceleración hasta un valor de 1 500 RPM, el sensor MAP capta valores que van desde 25 kPa describiendo una curva decreciente hasta 20 kPa y se estabiliza el valor del sensor MAP, una vez que haya finalizado la prueba de aceleración progresiva las revoluciones empiezan a descender hasta aproximadamente 1 800

RPM en este punto se estabiliza el motor y empieza la prueba de aceleración brusca generado tres picos de aceleración, el primer pico inicia en 1 800 RPM y llega hasta las 5 028RPM generando un vacío en el colector de admisión que va de 23 kPa hasta 73 kPa, para el segundo pico, las revoluciones de motor se estabilizan e inician en 1 900 RPM y van hasta 5 000 RPM produciendo así una depresión en el colector de admisión que va desde los 23 kPa hasta 74 kPa y para el tercer pico, las revoluciones se estabilizan e inician desde las 1 800 RPM hasta 5 000 RPM, la presión de vacío que va de los 23 kPa hasta los 74 kPa, culminadas las pruebas el motor se estabiliza en las 994 RPM y 20 kPa.

Figura 84

Sensor MAP y RPM del vehículo HYUNDAI i10 1.1L



Nota. Presión de vacío del motor medido por el sensor MAP con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca en el vehículo Hyundai i10.

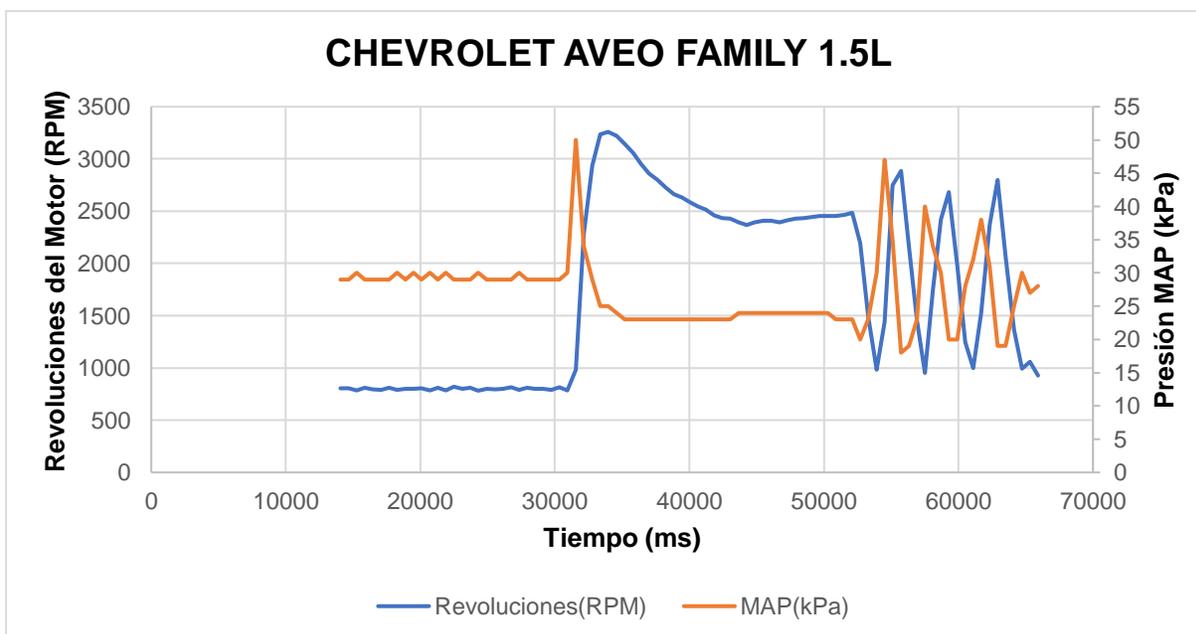
Datos del vehículo CHEVROLET AVEO FAMILY 1.5L

Como se indica en la figura 85 ,el sensor MAP del vehículo Chevrolet Aveo Familia capta un valor de 29 kPa y en marcha mínima las revoluciones por minuto son de 790 RPM, en la prueba de aceleración progresiva las revoluciones del motor van de un valor de 787 hasta 3

289 RPM describiendo una recta creciente, en este punto inicia un decrecimiento por acción de la apertura de la mariposa de aceleración hasta un valor de 2 487RPM, el sensor MAP capta valores que van desde los 29 kPa describiendo una recta creciente hasta los 50 kPa, se observa un decrecimiento significativo de la curva hasta los 20 kPa, una vez que haya finalizado la prueba de aceleración progresiva las revoluciones empiezan a descender hasta aproximadamente 982 RPM en este punto se estabiliza el motor y empieza la prueba de aceleración brusca generándose tres picos de aceleración, el primer pico inicia en 982 RPM y llega hasta las 2 887 RPM generando una presión de vacío en el colector de admisión que va de 20 kPa hasta 47 kPa, para el segundo pico, las revoluciones de motor se estabilizan e inician en 953 RPM y van hasta 2 681 RPM produciendo así un valor que capta el sensor MAP de 18 kPa hasta 40 kPa y para el tercer pico, las revoluciones se estabilizan e inician desde las 998 RPM hasta 2 800 RPM generando una presión de vacío que va los 20 kPa hasta los 38 kPa, culminadas las pruebas el motor se estabiliza en las 930 RPM y 28 kPa en el colector de admisión.

Figura 85

Sensor MAP y RPM del vehículo CHEVROLET AVEO FAMILY 1.5L



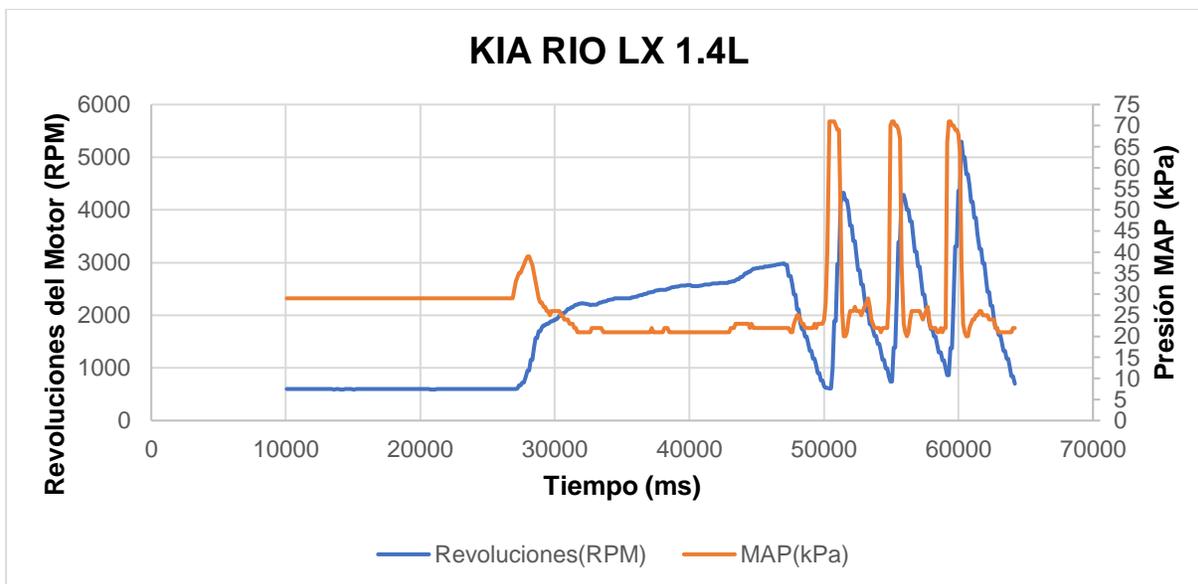
Nota. Presión de vacío del motor medido por el sensor MAP con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca en el vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5L

Datos del vehículo KIA RIO LX 1.4L

En la figura 86 se observa el valor de 29 kPa que capta el sensor MAP estando en marcha mínima de 600 RPM, en la prueba de aceleración progresiva, las revoluciones del motor van de un valor de 600 hasta 2 960 RPM describiendo una curva creciente, el sensor MAP capta valores que van desde 29 kPa describiendo una pendiente 38 kPa, se observa un decrecimiento significativo de la recta hasta los 21 kPa, una vez que haya finalizado la prueba de aceleración progresiva las revoluciones empiezan a descender hasta aproximadamente 605 RPM en este punto se estabiliza el motor y empieza la prueba de aceleración brusca generándose tres picos de aceleración que inicia en 605 RPM y llega hasta las 4 200 RPM generando en el colector de admisión 24 kPa hasta 70 kPa de presión de vacío, para el segundo pico, las revoluciones de motor se estabilizan e inician en 743 RPM y van hasta 4 200 RPM produciendo así una presión de vacío en el colector de admisión que va desde los 26 kPa hasta 70 kPa y para el tercer pico, las revoluciones se estabilizan e inician desde las 870 RPM hasta 5 200 RPM generando una presión de vacío que va los 26 kPa hasta los 70 kPa, culminadas las tres pruebas el motor se estabiliza en las 700 RPM y 22 kPa en el colector de admisión.

Figura 86

Sensor MAP y RPM del vehículo KIA RIO LX 1.4L



Nota. Presión de vacío del motor medido por el sensor MAP con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca en el vehículo Kia Rio LX 1.4L.

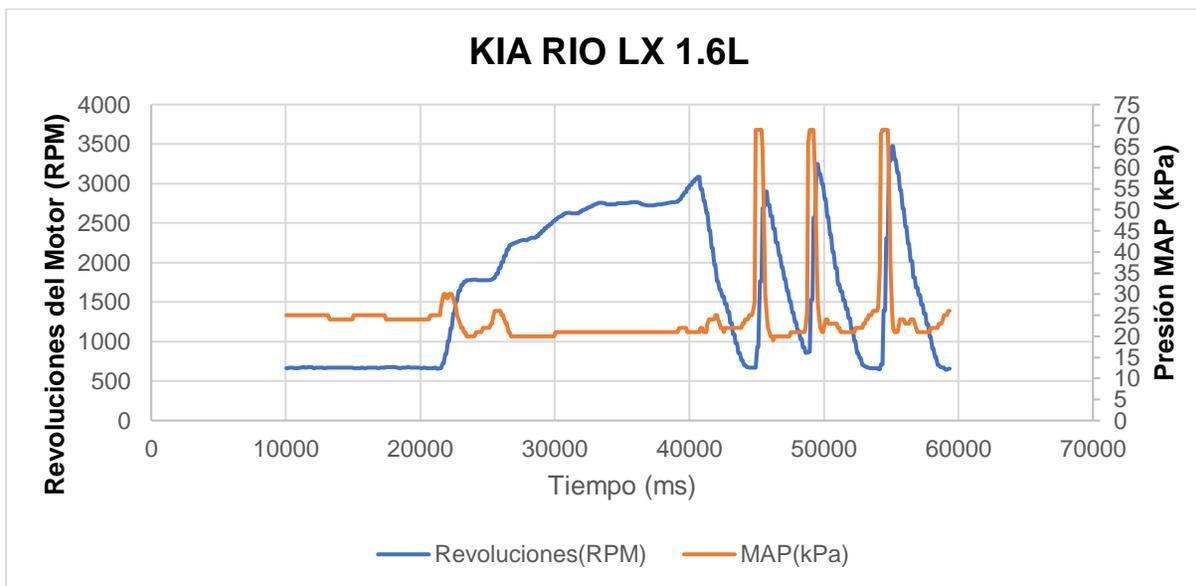
Datos del sensor MAP del vehículo KIA RIO LX 1.6L

Como se indica en la figura 87 se observa el valor de 24 a 25 kPa que capta el sensor MAP estando a ralentí a 670 RPM, para la prueba de aceleración progresiva las revoluciones del motor van de un valor de 670 hasta 2 805 RPM describiendo una curva creciente, el sensor MAP capta valores que van desde 24 kPa describiendo una pendiente 29 kPa se observa un decrecimiento significativo de la recta hasta 20 kPa, inicia otra curva creciente que va hasta 25 kPa, finalmente la curva decrece hasta un valor de 21 kPa, una vez que haya finalizado la prueba de aceleración progresiva las revoluciones empiezan a descender hasta aproximadamente 680 RPM en este punto se estabiliza el motor y empieza la prueba de aceleración brusca generando tres picos de aceleración, el primer pico inicia en 680 RPM y llega hasta las 2 930 RPM generando una presión de vacío en el colector de admisión que va de 22 kPa hasta 69 kPa, para el segundo pico, las revoluciones de motor se estabilizan e inician en 874 RPM y van hasta 3 500 RPM generando un vacío en el colector de admisión que va desde los 20 kPa hasta 69 kPa y para el tercer pico, las revoluciones se estabilizan e inician

desde las 650 RPM hasta 3 500 RPM generando una presión de vacío que va los 21 kPa hasta los 69 kPa, culminadas las pruebas el motor se estabiliza en las 670 RPM y 25 kPa en el colector de admisión.

Figura 87

Sensor MAP y RPM del vehículo KIA RIO LX 1.6L



Nota. Presión de vacío del motor medido por el sensor MAP con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca en el vehículo Kia Rio LX 1.6L

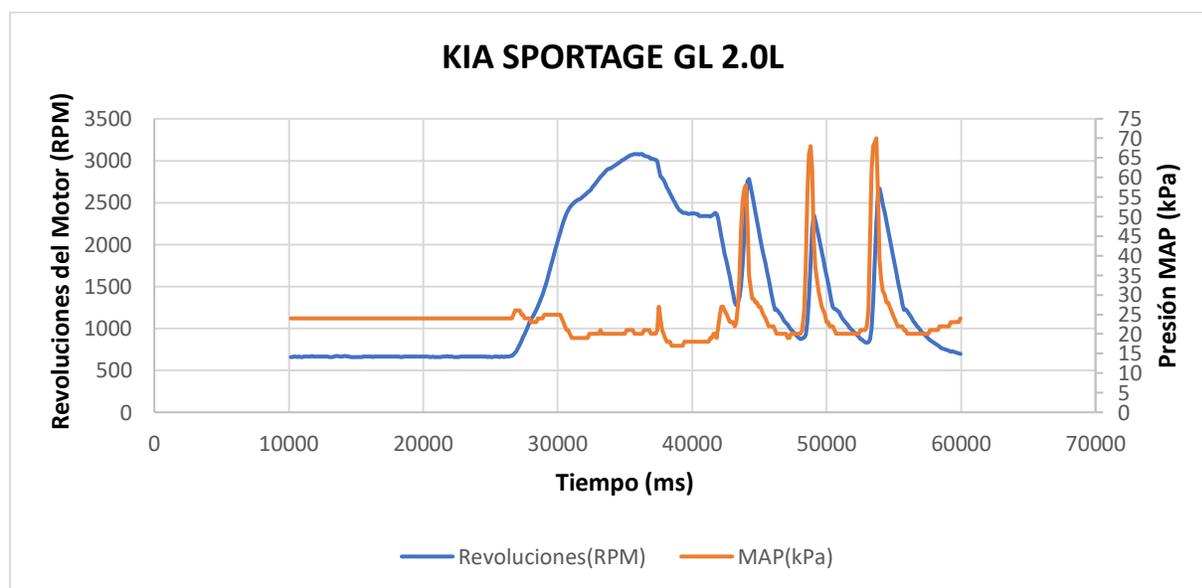
Datos del vehículo KIA SPORTAGE GL 2.0L

Se puede observar en la figura 88 que el valor de 24 kPa que capta el sensor MAP estando en marcha mínima (ralentí) a 663 RPM, a medida que las revoluciones del motor aumentan la presión de vacío que se genera en el colector de admisión crece y decrece considerablemente, este cambio se observa en la prueba de aceleración progresiva, las revoluciones del motor van de un valor de 663 hasta 3 080 RPM describiendo una curva creciente, también se observa que se produce un decrecimiento de la curva hasta 2 345 kPa, el sensor MAP capta valores que van desde 26 kPa de manera irregular se van generando decrecimientos que capta el sensor MAP de 19 kPa y un crecimiento de la curva de presión de

vacío hasta 27 kPa, es en este punto en donde nuevamente la curva decrece hasta 18 kPa y crece hasta un valor de 26 kPa, una vez que haya finalizado la prueba de aceleración progresiva las revoluciones empiezan a descender hasta aproximadamente 900 RPM, se estabiliza el motor y empieza la prueba de aceleración brusca generándose tres picos de aceleración, el primer pico inicia en 900 RPM y llega hasta las 2 755 RPM generándose un vacío en el colector de admisión que va de 25 kPa hasta 58 kPa, para el segundo pico, las revoluciones de motor se estabilizan e inician en 850 RPM y van hasta 2 400 RPM, el sensor MAP capta valores de 20 kPa hasta 68 kPa y para el tercer pico, las revoluciones se estabilizan e inician desde las 880 RPM hasta 2 800 RPM generando una presión de vacío que va los 21 kPa hasta los 70 kPa, culminadas las pruebas el motor se estabiliza en las 700 RPM y 23 kPa.

Figura 88

Sensor MAP y RPM del vehículo KIA SPOTAGE GL 2.0L



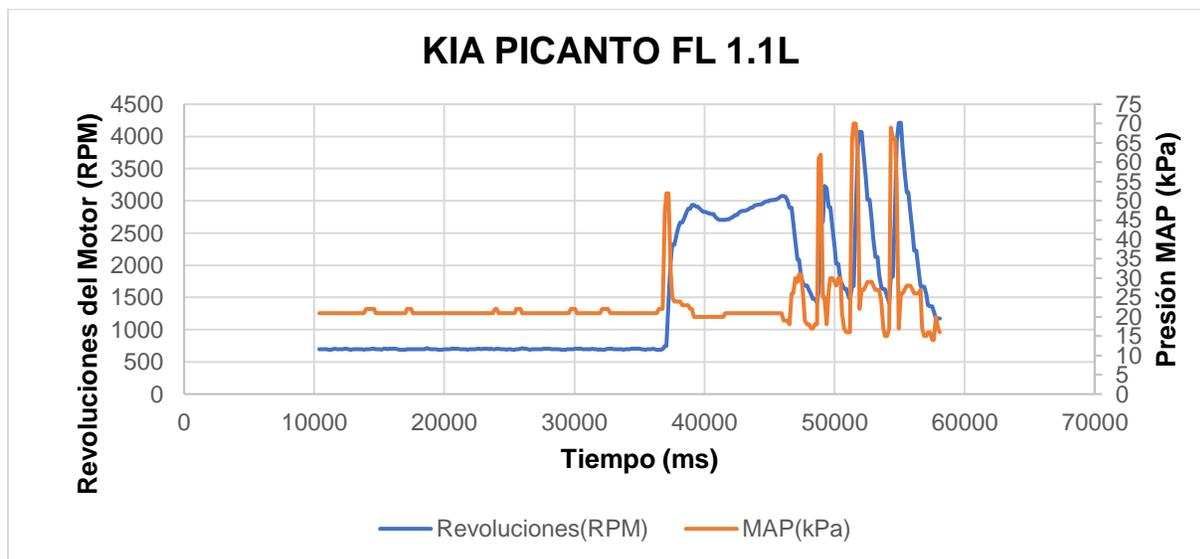
Nota. Presión de vacío del motor medido por el sensor MAP con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca en el vehículo Kia Sportage GL 2.0L

Datos del vehículo KIA PICANTO FL 1.1L

En el caso del vehículo KIA PICANTO FL 1.1L, puede observar en la figura 89 que el valor de 21 kPa que capta el sensor MAP estando en marcha mínima (ralentí) es 700 RPM, en la prueba de aceleración progresiva, las revoluciones del motor van de un valor de 690 hasta 2 950 RPM describiendo una curva creciente, también se observa que se produce un decrecimiento de la curva hasta 2 700 kPa y nuevamente la curva hasta 3 080, el sensor MAP capta valores de presión de vacío que van desde 22 kPa hasta los 52 kPa de manera perpendicular, decrece la recta hasta un valor de 20 kPa y se mantiene constante, finalmente hay un nuevo incremento en el vacío de 31 kPa, todo esto debido a la acción de la apertura de la mariposa de aceleración, las revoluciones empiezan a descender hasta aproximadamente 1 600RPM en este punto se estabiliza el motor y empieza la prueba de aceleración brusca generando tres picos de aceleración, el primer pico inicia en 1 600 RPM y llega hasta las 3 200 RPM generando una presión de vacío de 17 kPa hasta 61 kPa, para el segundo pico, las revoluciones de motor se estabilizan e inician en 1 500 RPM y van hasta 4 100 RPM produciendo un vacío que va desde los 16 kPa hasta 70 kPa y para el tercer pico, las revoluciones se estabilizan e inician desde las 1 500 RPM hasta 4 300 RPM generando una presión de vacío que va los 15 kPa hasta los 69 kPa, culminadas las pruebas el motor se estabiliza en las 1 400 RPM y 20 kPa.

Figura 89

Sensor MAP y RPM del vehículo KIA PICANTO 1.1L



Nota. Presión de vacío del motor medido por el sensor MAP con respecto a ralentí, aceleración progresiva y aceleración brusca en el vehículo Kia Picanto FL 1.1L

Análisis de diagnóstico mediante la utilización del módulo genérico

Análisis de síntomas y comparativos con la tabla de diagnóstico

A continuación, se presentan las gráficas resultantes de la obtención de datos en el proceso de diagnóstico por vacío. Se llevó a cabo el análisis de las gráficas de manera que se establezca un diagnóstico del estado del motor de cada vehículo que forma parte de la muestra que se tomó para realizar la presente investigación.

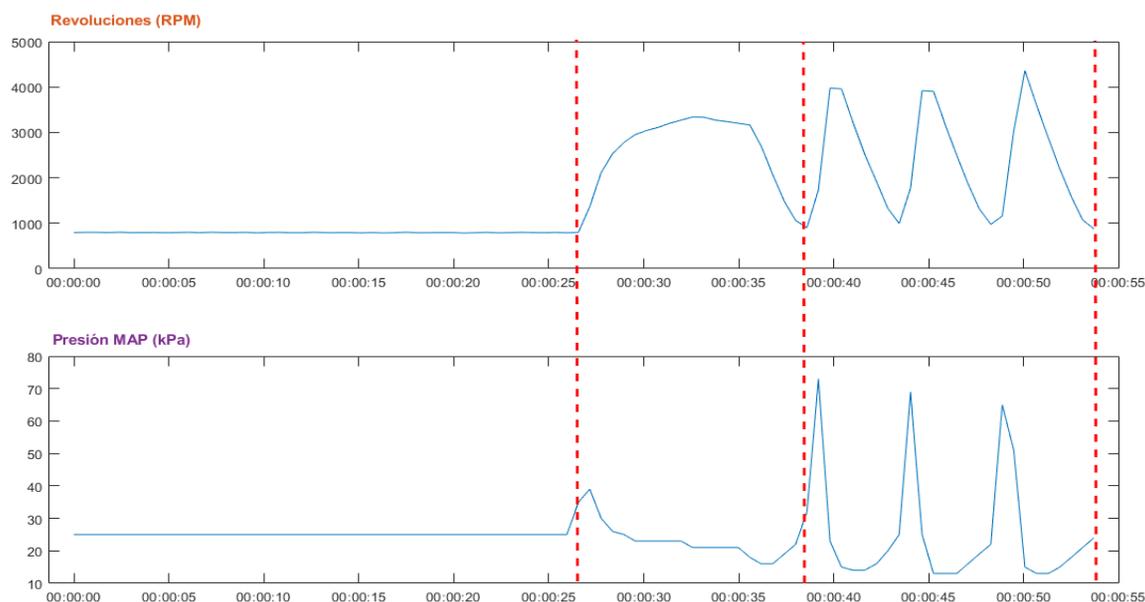
Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.4L

Cuando el vehículo está apagado y el switch de encendido está en contacto (On) no se genera ningún vacío en el motor y se está midiendo la presión barométrica; en marca mínima (ralentí) se observa que las RPM son estables y forman una línea constante por lo tanto se indica un buen funcionamiento del motor; con una aceleración progresiva las revoluciones del motor deben llegar hasta 3 000 RPM aproximadamente, los valores que capta el sensor MAP forman una curva decreciente y a la vez constante eso debido a posible falla en el sistema de escape; con una aceleración brusca el vacío va a ser más alto al igual que el número de

revoluciones 73 kPa y 4 400 RPM respectivamente, por esta razón se dice que en esta prueba el motor está en buenas condiciones.

Figura 90

Comportamiento del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.4L



El resultado del análisis de la figura 90 se lo incorpora en la tabla 43 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.4L.

Tabla 43

Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.4L

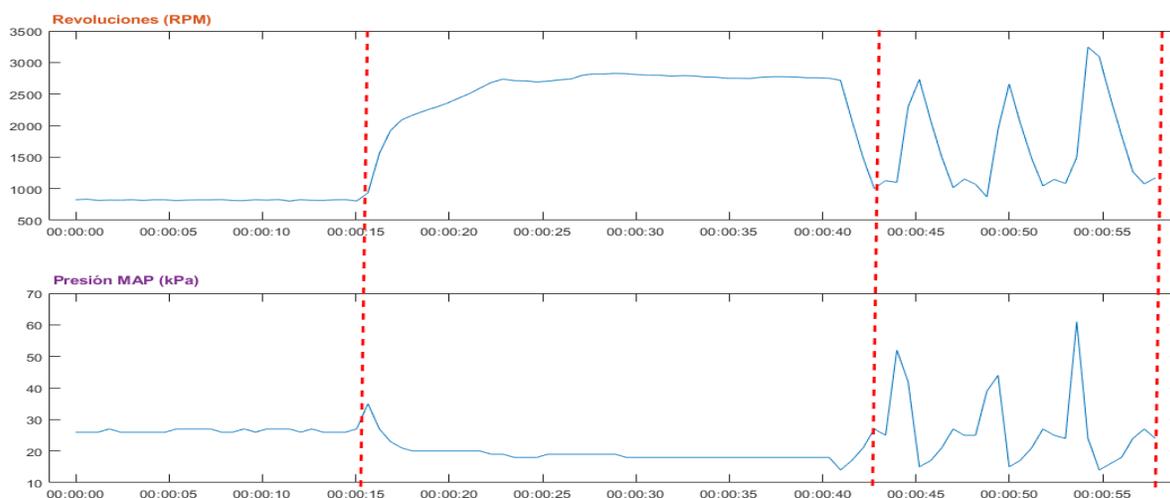
	Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1	El motor está en buena condición, para llevar a cabo la próxima prueba para asegurarse de que no haya otros problemas.	P2	Obstrucción en el escape, pérdida de potencia motor
P3			Motor está en buenas condiciones

Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.6L

En ralentí el motor genera una presión de vacío y el sensor MAP capta inmediatamente ese valor, en la figura 91 se identifica que el ralentí es inestable esto se debe al desgaste o desconexiones de mangueras de vacío o los filtros de aire y combustible están obstruidos; con una aceleración progresiva el sensor MAP capta los valores que van hasta 14 kPa y genera una curva que decrece de manera considerable e indicaría que el motor estaría presentando desgaste en los resortes de válvulas; con una aceleración brusca los valores receptados por el sensor MAP son valores que están por debajo de los 55 kPa, por esta razón se identifica un desgaste en los aros y cilindros.

Figura 91

Comportamiento del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.6L



El resultado del análisis de la figura 91 se lo incorpora en la tabla 44 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.6L.

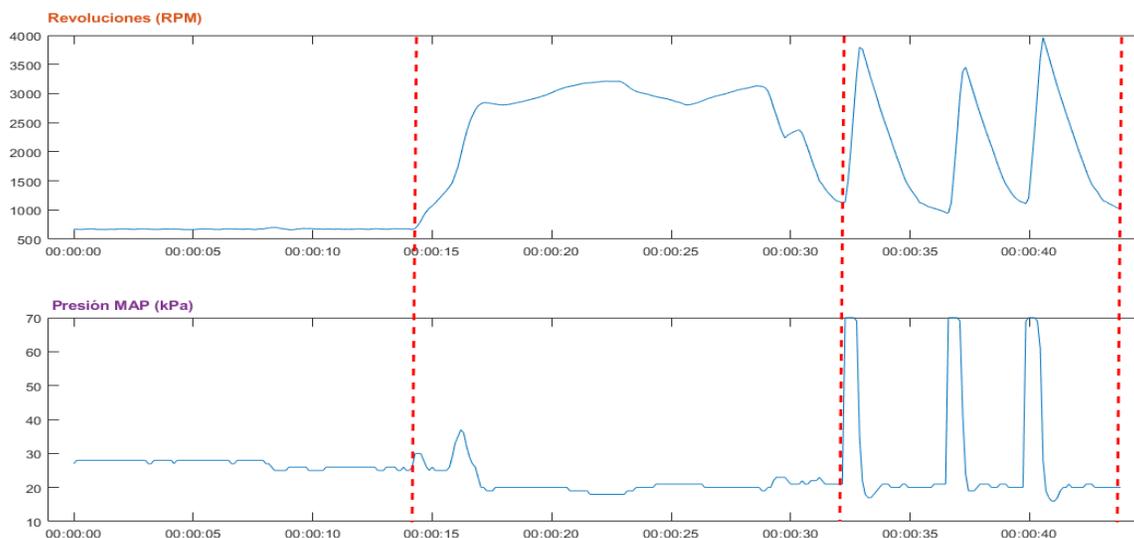
Tabla 44*Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Activo 1.6L*

	Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1	Ralentí irregular. Mangueras de vacío sueltas o rotas, filtro del aire o de combustible están obstruidos	P2	Guías desgastadas o resortes de válvulas débiles
		P3	Confirma desgastes en aros, cilindros, etc.

Diagnóstico del vehículo Chevrolet BEAT 1.2L

En la figura 92, se observa que a marcha mínima (ralentí) el motor es inestable esto se debe a posibles obstrucciones en los filtros de aire y combustible o averías en las mangueras de vacío; en la gráfica que representa a la prueba de aceleración progresiva se observa que los valores del MAP tienden a subir y bajar y no describen una curva decreciente constante, esto se debe a que las válvulas de admisión no están cerrando bien; en la prueba de aceleración brusca se observa que las RPM llegan a valores de hasta 4 000 RPM y el sensor MAP capta valores de hasta 70 kPa por ende se dice que el motor está en buen estado.

Figura 92*Comportamiento del vehículo Chevrolet BEAT 1.2L*



El resultado del análisis de la figura 92 se lo incorpora en la tabla 45 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor del vehículo Chevrolet BEAT 1.2L.

Tabla 45

Diagnóstico del vehículo Chevrolet BEAT 1.2L

	Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1	Ralentí irregular. Mangueras de vacío sueltas o rotas, filtro del aire o de combustible están obstruidos	P2	Válvulas quemadas, bajo rendimiento motor
P3			El motor está en buenas condiciones

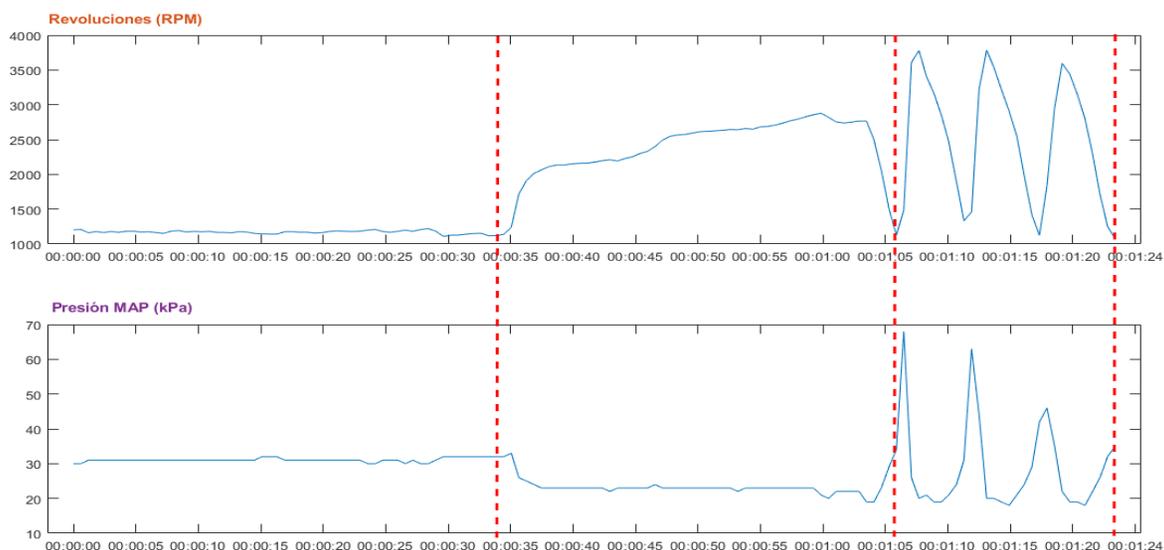
Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Emotion 1.6L

El motor en marcha mínima (ralentí) genere una presión en el colector de admisión de 30 kPa en la figura 93, se observa una línea constante en los valores que el sensor MAP captó en ese instante de este modo se dice que el motor funcionando de manera adecuada; para la prueba de aceleración progresiva los resultados que se reflejan en la gráfica de presión del sensor MAP son traducidos en una línea constante con valores de 23 kPa por lo tanto se indica un correcto funcionamiento en el motor; finalmente en a prueba de aceleración brusca la aleta

de aceleración está totalmente abierta y no se genera vacío el valor que el sensor MAP marca va a ser aproximadamente 70 kPa, las revoluciones de motor alcanzan hasta 3 500 RPM esto debido al correcto funcionamiento del motor.

Figura 93

Comportamiento del vehículo Chevrolet Aveo Emotion 1.6L



El resultado del análisis de la figura 93 se lo incorpora en la tabla 46 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor del vehículo Chevrolet Aveo Emotion 1.6L.

Tabla 46

Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Emotion 1.6L

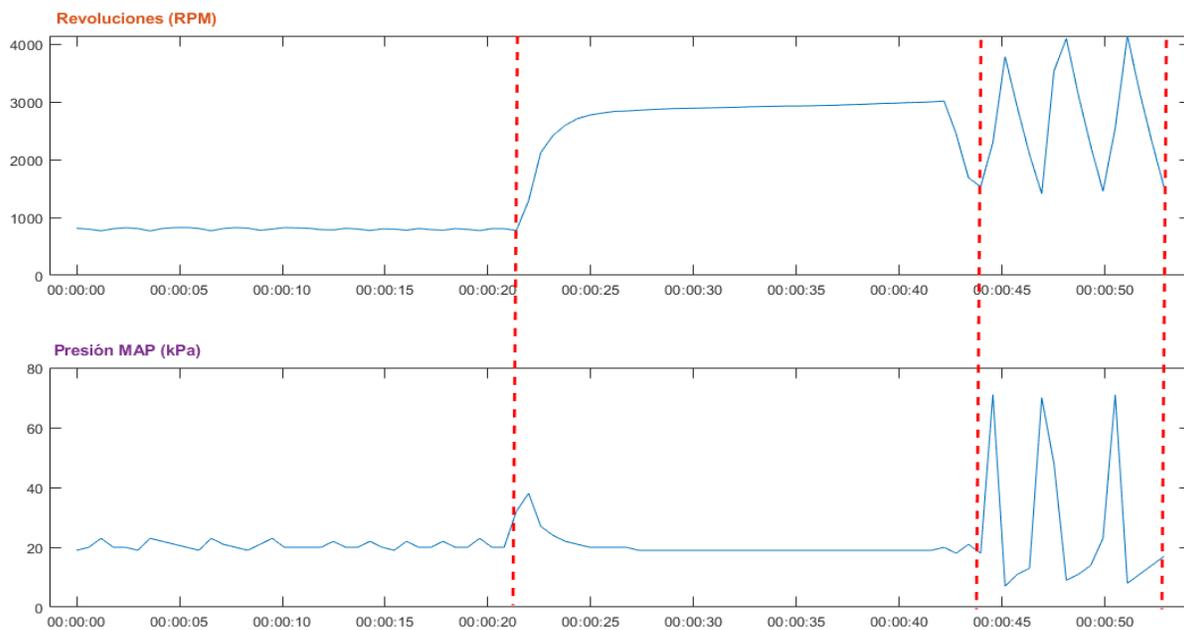
Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
<p>El motor está en buena condición, para llevar a cabo la próxima prueba para asegurarse de que no haya otros problemas.</p> <p>P1</p>	<p>Motor aparentemente en buenas condiciones</p> <p>P2</p>	<p>El motor está en buenas condiciones</p> <p>P3</p>

Diagnóstico del vehículo Chevrolet SAIL 1.4L

De la figura 94, se observa que en la gráfica de las revoluciones del motor a marcha mínima las RPM son estables marcando 800 revoluciones por minuto esto indica que el motor está en correcto funcionamiento; en la gráfica de presión del sensor MAP con una aceleración progresiva se identifican que los valores no bajan de los 19 kPa esto se debe a que las válvulas de admisión y escape están quemadas; en la prueba de aceleración brusca los picos de presión que el sensor MAP captó llegan hasta un máximo de 71 kPa y se estabiliza en 11 kPa estos valores indican una obstrucción en el silenciador o catalizador.

Figura 94

Comportamiento del vehículo Chevrolet SAIL 1.4L



El resultado del análisis de la figura 94 se lo incorpora en la tabla 47 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor del vehículo Chevrolet SAIL 1.4L.

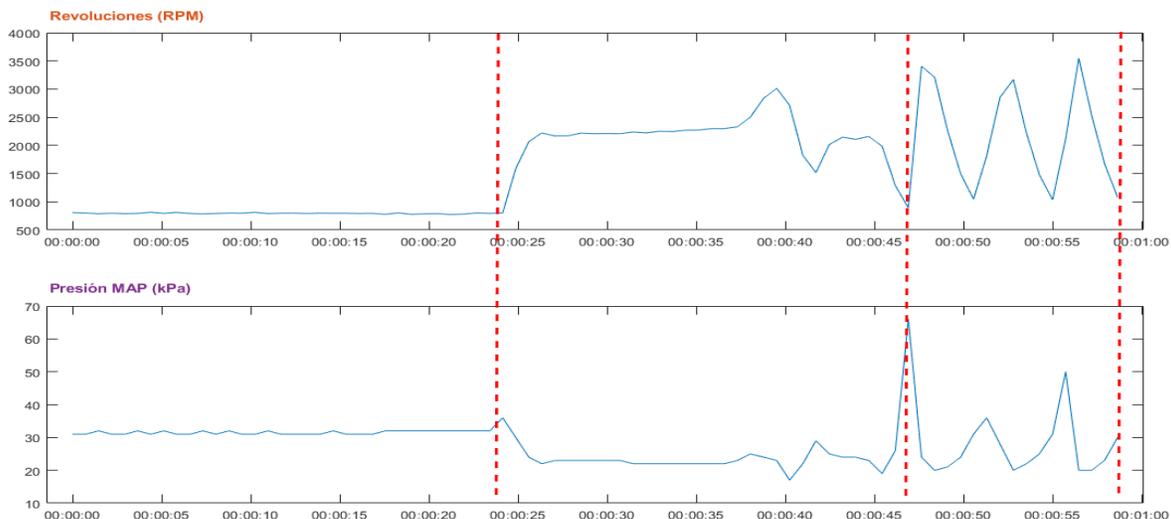
Tabla 47*Diagnóstico del vehículo Chevrolet SAIL 1.4L*

Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1 El motor está en buena condición, para llevar a cabo la próxima prueba para asegurarse de que no haya otros problemas.	P2 Válvulas quemadas, bajo rendimiento motor	P3 Silenciador o catalizador bloqueado.

Diagnóstico del vehículo DFSK CITYVAN C37 1.4L

Para la CITYVAN C37 en la figura 95, se debe observar la gráfica de presión MAP ya que se describe una línea no constante que sobre pasa los 30 kPa en marcha mínima, esto debido a que el motor ya presenta desgaste en sus cilindros, aros y pistones; en la prueba de aceleración progresiva las revoluciones del motor suben hasta 3 000 RPM y bajan hasta 1 500 RPM de este modo no se describen una curva creciente y los valores de presión que capta el sensor MAP son inestables todo esto debido a problemas en los resortes de las válvulas; finalmente en la prueba de aceleración brusca se observa que la gráfica de presión MAP los picos de presión no son iguales entre sí de esta manera se confirma el desgaste entre los aros y cilindros del motor.

Figura 95*Comportamiento del vehículo DFSK CITYVAN C37 1.4L*



El resultado del análisis de la figura 95 se lo incorpora en la tabla 48 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor del vehículo DFSK CYTIVAN C37 1.4L.

Tabla 48

Diagnóstico del vehículo DFSK CITYVAN C37 1.4L

	Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1	Aros, pistones o cilindros desgastados, llevar a cabo la próxima comprobación para asegurarse.	P2 Resortes de válvulas débiles.	P3 Confirma desgastes en aros, cilindros, etc.

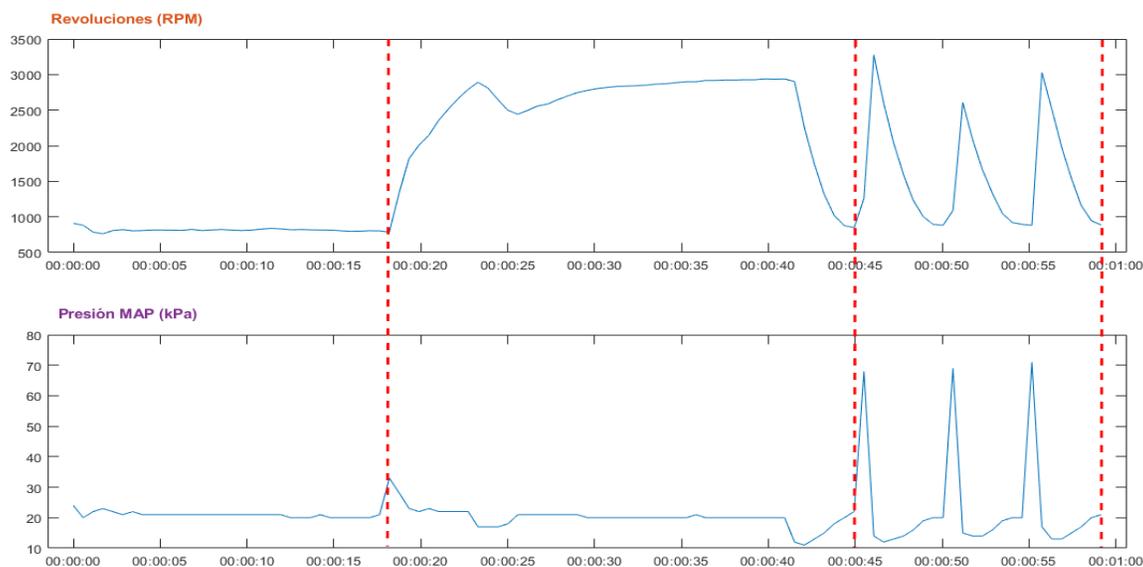
Diagnóstico de la PICK UP GREAT WALL WINGLE 2.4L

Como se observa en la figura 96, a ralentí de 800 revoluciones por minuto, en la gráfica de presión MAP los valores captador por el sensor son inestables y pasan de 24 a 20 kPa en cuestión de ms esto se debe a una mala puesta a punto del encendido; con una aceleración progresiva, con los valores del sensor MAP describiendo una curva decreciente no constante en donde se describen una variación de valores de presión de 17 a 20 kPa el motor presenta obstrucción en el escape; finalmente en la prueba de aceleración brusca las gráficas descritas

por el sensor MAP son similares, captando valores de 71 kPa como máximo y 21 kPa como mínimo esto indica que el motor está en buenas condiciones de funcionamiento.

Figura 96

Comportamiento de la PICK UP GREAT WALL WINGLE 2.4L



El resultado del análisis de la figura 96, se lo incorpora en la tabla 49 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor de la PICK UP GREAT WALL WINGLE 2.4L.

Tabla 49

Diagnóstico de la PICK UP GREAT WALL WINGLE 2.4L

	Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1	Mala puesta a punto del encendido.	P2	Obstrucción en el escape, pérdida de potencia motor
		P3	El motor está en buenas condiciones

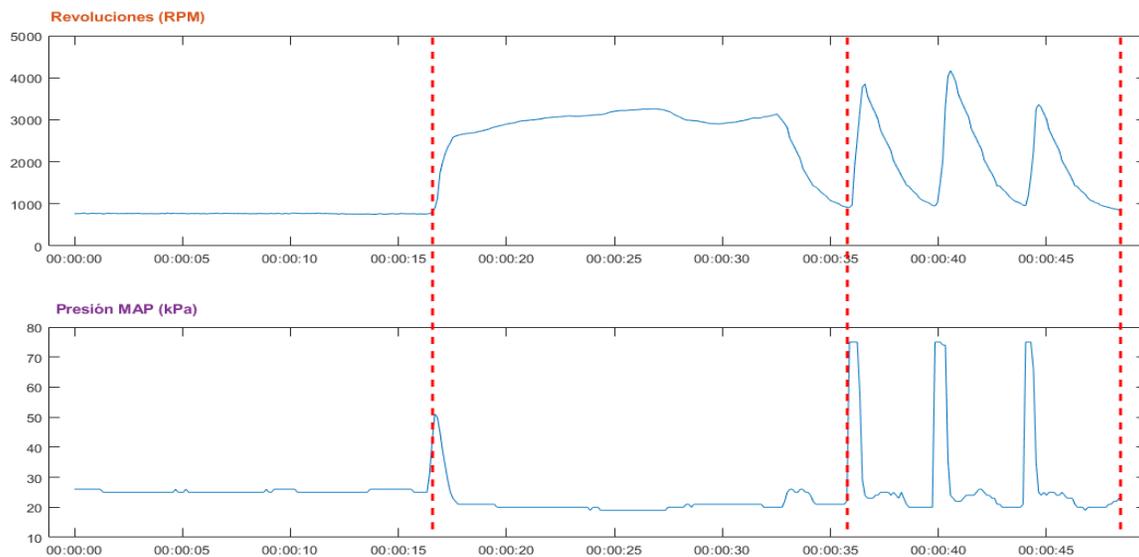
Diagnóstico del vehículo HYUNDAI GRAND i10 1.2L

En el caso del motor de vehículo HYUNDAI GRAND i10 su marcha mínima (ralentí) es de 770 RPM siendo estas constantes y estables de tal manera que el motor está en buenas

condiciones de funcionamiento; en la figura 97 en la gráfica de presión MAP se observa que la curva es decreciente pero no es constante tanto así que pasa de 20 kPa a 25 kPa en un instante, esto se debe a que las válvulas de admisión y escape están quemadas; para la prueba de aceleración brusca los tres picos que se generan en la gráfica de presión MAP son similares entre sí pero su valor máximo es de 75 kPa y para la altitud de Quito a 2850 msnm se esperan valores de 70 a 71 kPa de tal modo que se confirma un desgaste en los anillos o cilindros del motor analizado.

Figura 97

Comportamiento del vehículo HYUNDAI GRAND i10 1.2L



El resultado del análisis de la figura 97, se lo incorpora en la tabla 50 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor del vehículo HYUNDAI GRAND i10 1.2L.

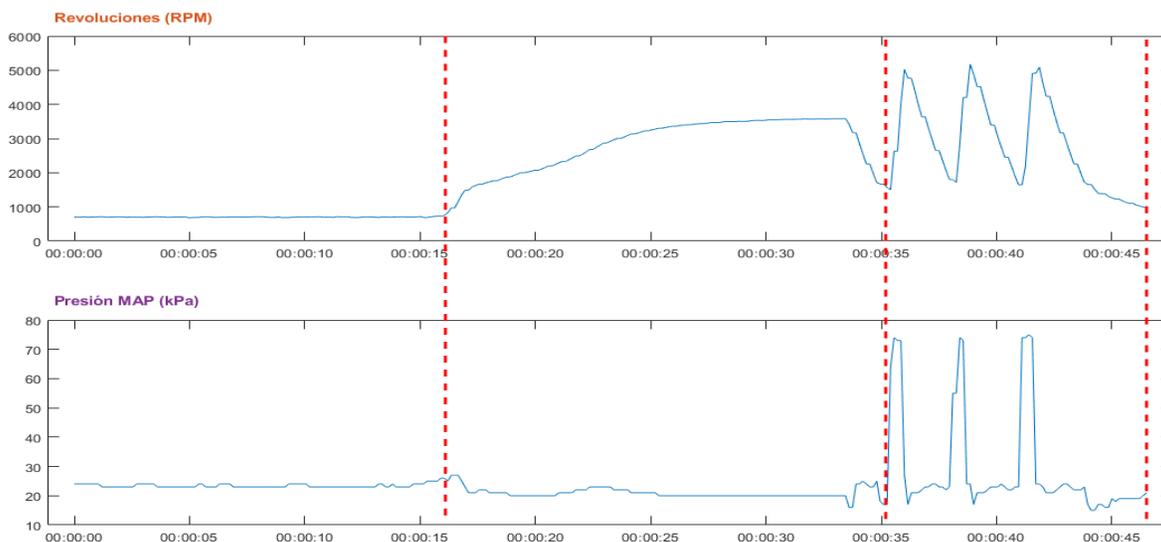
Tabla 50*Diagnóstico del vehículo HYUNDAI GRAND i10 1.2L*

	Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1	El motor está en buena condición, para llevar a cabo la próxima prueba para asegurarse de que no haya otros problemas.	P2 Válvulas quemadas, bajo rendimiento motor	P3 Confirma desgastes en aros, cilindros, etc.

Diagnóstico del vehículo HYUNDAI i10 1.1L

Para el presente motor se analizan las gráficas de la figura 98, la prueba de marcha mínima presentan resultados alentadores debido a que en la gráfica de revoluciones se puede observar un ralentí estable por debajo de las 900 RPM dando como resultado un motor en buen estado; en la prueba de aceleración progresiva la gráfica de presión MAP es una curva decreciente que no supera los 22 kPa de igual forma que en la prueba de marcha mínima se establece un correcto funcionamiento del motor; finalmente en la prueba de aceleración brusca los picos de presión que capta el sensor MAP son similares entre sí y su valor máximo no sobrepasa los 71kPa así pues se confirma que el motor está en buenas condiciones de funcionamiento.

Figura 98*Comportamiento del vehículo HYUNDAI i10 1.1L*



El resultado del análisis de la figura 98, se lo incorpora en la tabla 51 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor del vehículo HYUNDAI i10 1.1L.

Tabla 51

Diagnóstico del vehículo HYUNDAI i10 1.1L

	Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1	El motor está en buena condición, para llevar a cabo la próxima prueba para asegurarse de que no haya otros problemas.	P2 Motor aparentemente en buenas condiciones	P3 El motor está en buenas condiciones

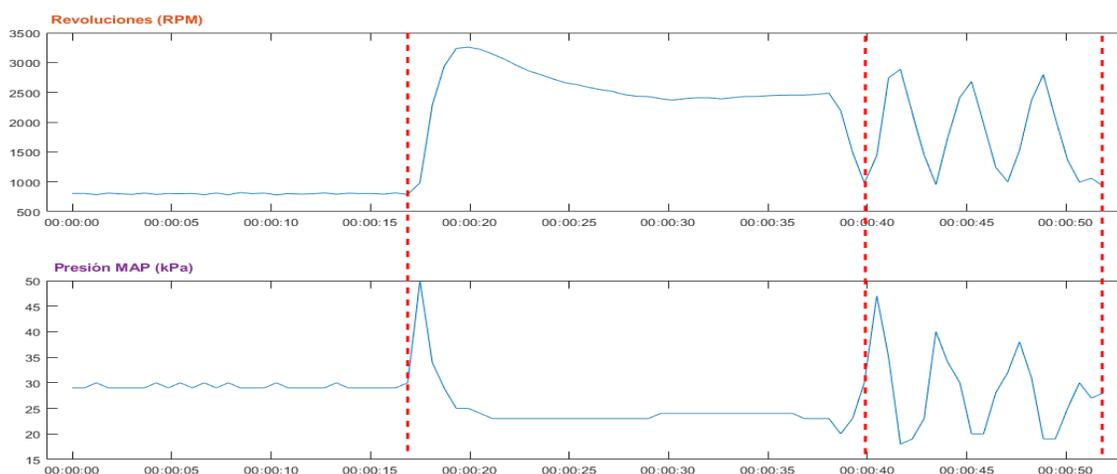
Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5L

Como se observa en la figura 99, en la gráfica de revoluciones a marcha mínima se observa un ralentí inestable generando unos picos significativos de vacío que se identifican en la gráfica de presión MAP dando como resultado una posible fuga en la junta de la culata se debe realizar las siguientes pruebas para confirmar la posible falla del motor; en la prueba de aceleración progresiva se puede identificar un pico de presión de 50 kPa captado por el sensor MAP este valor generalmente no debe exceder los 30 kPa, esto es producto de posibles válvulas quemadas; en la prueba de aceleración brusca los picos de presión no son similares

entre sí y los valores de presión son 45 kPa como máximo y para la altitud de Quito a 2850 msnm con una aleta de aceleración totalmente abierta el valor de presión idóneo debe ser de 71 kPa, por esta razón se confirma un mal estado del motor y también se confirma un desgaste en los anillos y cilindros del motor analizado.

Figura 99

Comportamiento del vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5L



El resultado del análisis de la figura 99, se lo incorpora en la tabla 52 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor del vehículo CHEVROLET AVEO FAMILY 1.5L.

Tabla 52

Diagnóstico del vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5L

	Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1	Guías de válvulas de admisión desgastadas, pero excesivo movimiento de la aguja a cualquier velocidad puede indicar fugas en junta de tapa de cilindros.	P2 Válvulas quemadas, bajo rendimiento motor	P3 Confirma desgastes en aros, cilindros, etc.

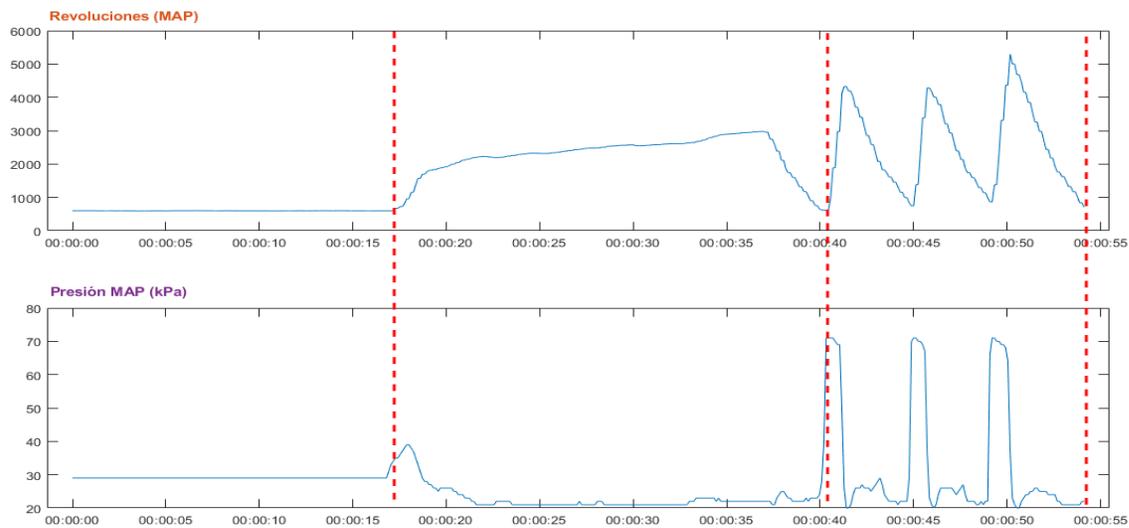
Diagnóstico del vehículo KIA RIO LX 1.4L

Para el análisis del presente motor en la gráfica de revoluciones de la figura 100, se puede observar una marcha mínima (ralentí) de 600 RPM que son estables y da como

resultado preliminar un funcionamiento correcto del motor; en la prueba de aceleración progresiva en la gráfica de presión MAP se observa un descenso de la presión de vacío llegando hasta los 21 kPa, los valores no son estables dando como resultado una pérdida de potencia del motor debido a una obstrucción en el sistema de escape; finalmente la prueba de aceleración brusca confirma que el silenciador y catalizador pueden estar obstruidos esto debido a que en la gráfica se pueden observar picos de presión captados por el sensor MAP que sobre pasan los 70 kPa.

Figura 100

Comportamiento del vehículo RIO LX 1.4L



El resultado del análisis de la figura 100, se lo incorpora en la tabla 53 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor del vehículo KIA RIO LX 1.4L.

Tabla 53*Diagnóstico del vehículo KIA RIO LX 1.4L*

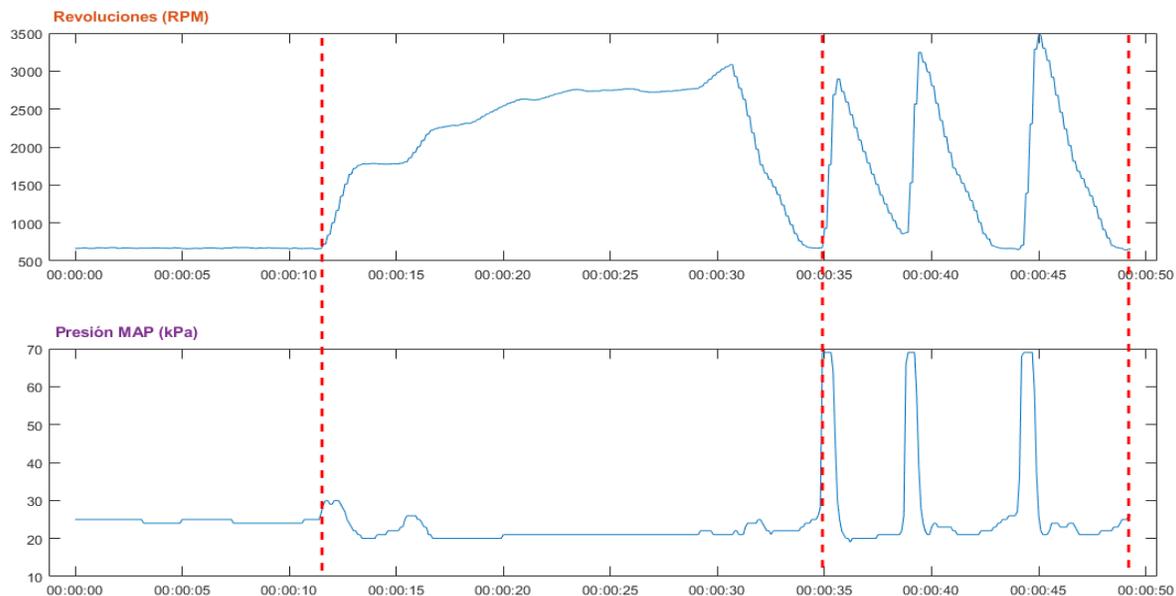
	Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1	El motor está en buena condición, para llevar a cabo la próxima prueba para asegurarse de que no haya otros problemas.	P2 Obstrucción en el escape, pérdida de potencia motor	P3 Silenciador o catalizador bloqueado.

Diagnóstico del vehículo KIA RIO LX 1.6L

En la figura 101, en la gráfica de revoluciones se identifica que a marcha mínima las no son constantes y son muy bajas esto debido a un problema de afinamiento como la mala holgura de los electrodos de las bujías; las pruebas de aceleración progresiva y aceleración brusca dan como resultado un correcto funcionamiento del motor esto debido a que las revoluciones de motor analizado alcanza valores de 3 000 y 3 500 RPM respectivamente, y en la gráfica de presión MAP los picos de presión alcanzan el valor máximo de 70kPa que es el valor indicado para la altitud de 2850 msnm de la ciudad de Quito.

Figura 101

Comportamiento del vehículo KIA RIO LX 1.6L



El resultado del análisis de la figura 101, se lo incorpora en la tabla 54 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor del vehículo KIA RIO LX 1.6L.

Tabla 54

Diagnóstico del vehículo KIA RIO LX 1.6L

	Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1	Holgura de bujías demasiado pequeñas	P2 Motor aparentemente en buenas condiciones	P3 El motor está en buenas condiciones

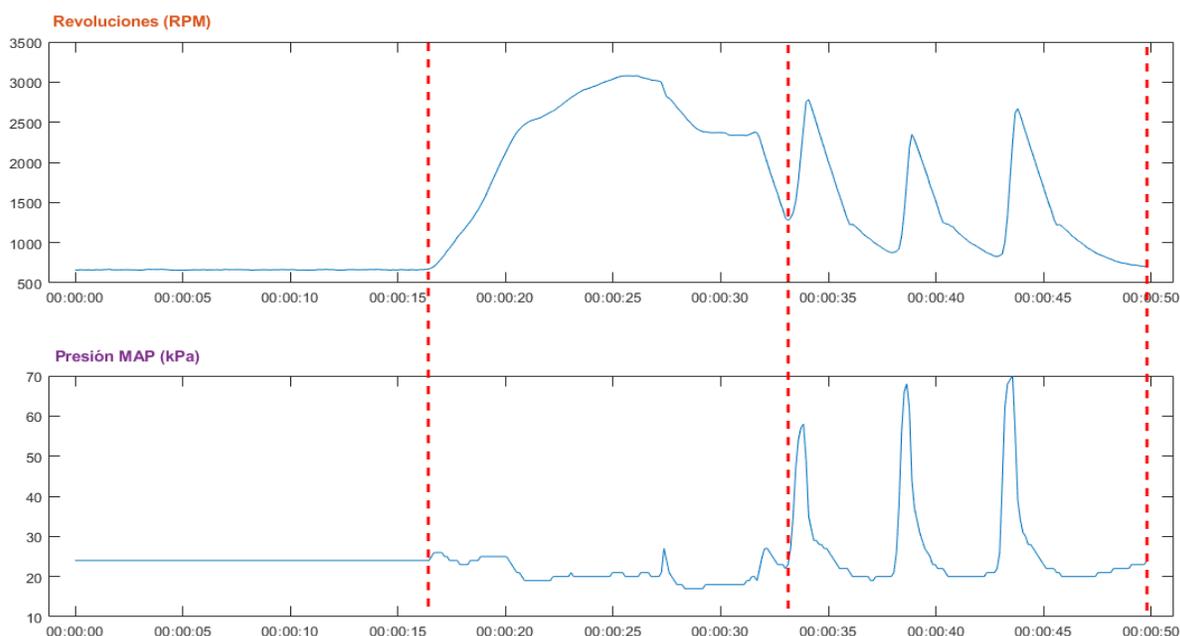
Diagnóstico del vehículo KIA SPORTAGE 2.0L

Como se indica en la figura 102, en la gráfica de revoluciones del motor del vehículo KIA SPORTAGE se identifica un ralentí regular a 700 RPM sin presencia de picos de revoluciones y tampoco se generan picos en la gráfica de presión esto indica que el motor está en buen estado; en la prueba de aceleración progresiva las presiones captadas por el sensor

MAP describen una curva descendiente con valores de 20 a 21 kPa, por lo tanto se establece que el motor está en buenas condiciones; finalmente en la prueba de aceleración brusca la gráfica del sensor MAP se identifican tres picos de presión que no sobre pasan los 70 kPa dando como resultado un óptimo funcionamiento del motor.

Figura 102

Comportamiento del vehículo KIA SPORTAGE 2.0L



El resultado del análisis de la figura 102, se lo incorpora en la tabla 55 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor del vehículo KIA SPORTAGE 2.0L.

Tabla 55

Diagnóstico del vehículo KIA SPORTAGE 2.0L

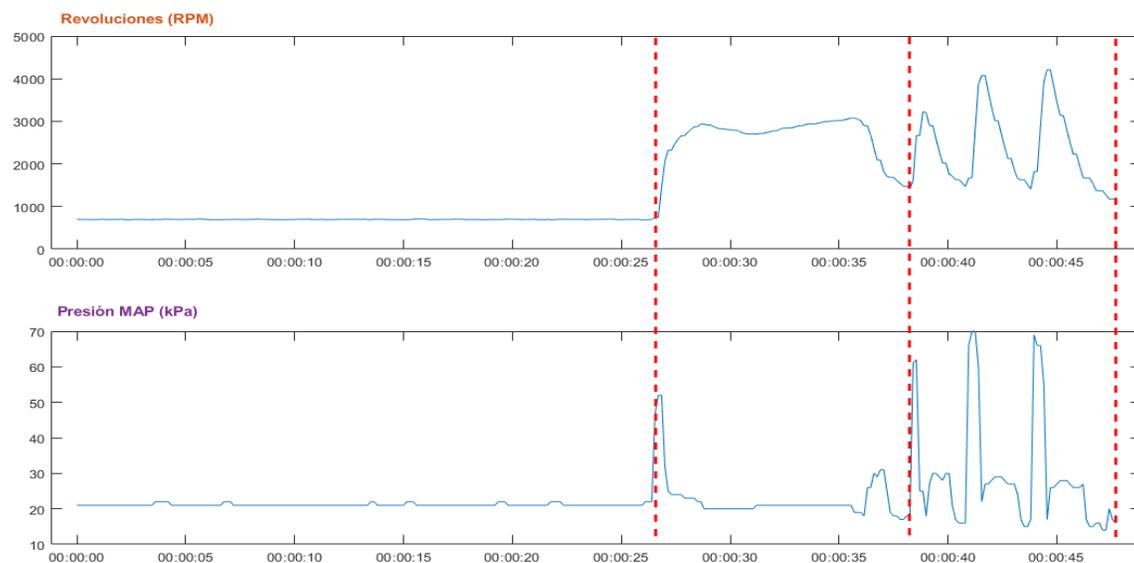
	Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1	El motor está en buena condición, para llevar a cabo la próxima prueba para asegurarse de que no haya otros problemas.	P2 Motor aparentemente en buenas condiciones	P3 El motor está en buenas condiciones

Diagnóstico del vehículo KIA PICANTO FL 1.1L

Para el análisis del motor en la figura 103, se identifican en la gráfica de revoluciones una marcha mínima de 700 RPM y son estables, no generan picos de presión por lo tanto el motor está en un correcto funcionamiento; de igual manera para la prueba de aceleración progresiva en la gráfica de presión se observan valores estables que van de 27 a 26 kPa y van formando una curva decreciente por acción de abrir la aeta de aceleración de manera parcial, de este modo se indica que el motor está en correcto funcionamiento; para finalizar el análisis la prueba de aceleración brusca indican valores de presión superando los 70 kPa esto debido a una obstrucción en el silenciador o catalizador.

Figura 103

Comportamiento del vehículo KIA PICANTO FL 1.1L



El resultado del análisis de la figura 103, se lo incorpora en la tabla 56 estableciendo un diagnóstico final del estado del motor del vehículo KIA PICANTO FL 1.1L.

Tabla 56*Diagnóstico del vehículo KIA PICANTO FL 1.1L*

Ralentí normal	Acelerado progresivo	Acelerado brusco
P1 El motor está en buena condición, para llevar a cabo la próxima prueba para asegurarse de que no haya otros problemas.	P2 Motor aparentemente en buenas condiciones	P3 Silenciador o catalizador bloqueado.

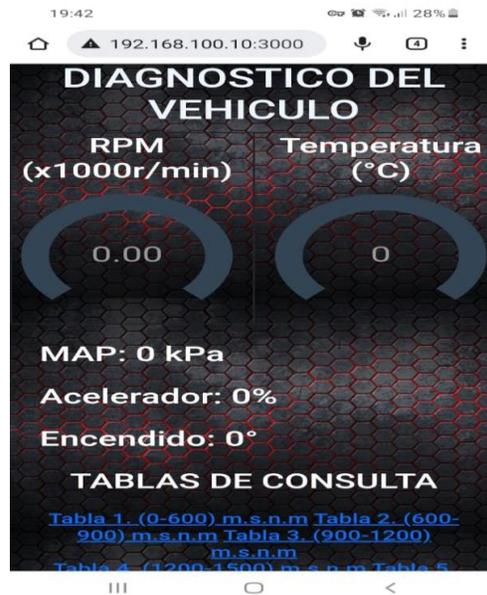
Pruebas de funcionamiento

A continuación, se va a diagnosticar el estado del motor de tres vehículos que no formaron parte del análisis de mediciones. Cabe mencionar que el diagnóstico se va a reflejar en el dispositivo móvil de esta manera se verifica el funcionamiento del módulo genérico de diagnóstico y la aplicación web Blynk – Espel.

En la figura 104, se observa la pantalla del dispositivo móvil con la página web Blynk – Espel abierta, el entorno de la pantalla se indica los PID's de; revoluciones del motor, temperatura del refrigerante, valor del sensor MAP, porcentaje de la abertura de la mariposa de aceleración, los grados de avance al encendido y las tablas de consulta a diferentes altitudes.

Figura 104

Entorno de la página web Blynk – Espel



Diagnóstico del motor del Vehículo Kia Sportage LX 2.0L

Prueba a Marcha Mínima o Ralentí

En la figura 105 se observa la pantalla del dispositivo móvil con la página web Blynk – Espel abierta, en la prueba a marcha mínima el motor gira a 700 RPM, la temperatura indica 91 grados centígrados, la presión de vacío que capto el sensor MAP es de 24 kPa, la aleta del acelerador no está abierta e indica un 6% de su apertura y finalmente existe un avance del encendido a 3 grados.

Figura 105

Prueba a ralentí.



Prueba de aceleración progresiva

Como se observa en a figura 106, la prueba de aceleración progresiva proporciona los siguientes resultados: las revoluciones del motor suben progresivamente hasta 3000 RPM, la temperatura del refrigerante del motor marca 84 grados centígrados, el valor captado por el sensor MAP es de 19 kPa, la abertura de la aleta del acelerador está en un 10% y los grados de avance del encendido suben hasta 27 grados.

Figura 106

Prueba de aceleración progresiva



Prueba de aceleración brusca

Como se indica en la figura 107, se observan los resultados que se obtuvieron en la prueba de aceleración brusca: las revoluciones del motor llegan a superar los 3 220 RPM, la temperatura del motor aumenta hasta 96 grados centígrados, el valor que capta el sensor MAP en ese instante es de 22 kPa, la apertura de la aleta de aceleración e de 16 grado y el avance al tiempo de encendido es de 45 grados.

Figura 107

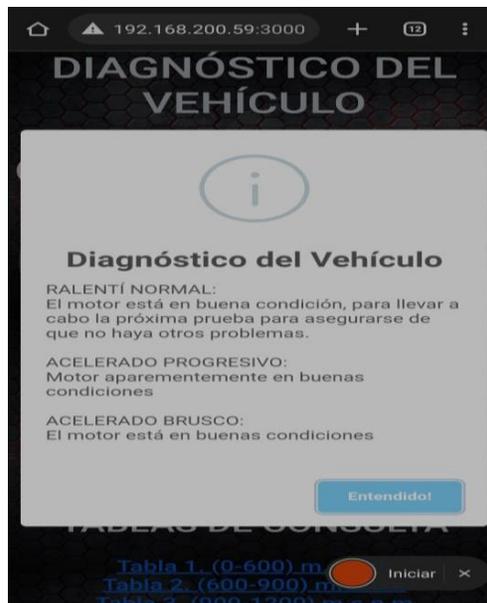
Prueba de aceleración brusca



Reporte del estado del motor

Figura 108

Diagnóstico del estado del motor



Por consiguiente, una vez que se haya finalizado las tres pruebas, el módulo genérico de diagnóstico despliega el informe del estado del motor del vehículo Kia Sportage de manera que en la pantalla del dispositivo móvil se va a observar una notificación la cual indica un perfecto estado de motor, como se indica en la figura 108.

Diagnóstico del vehículo Hyundai Accent STD 1.6L

Prueba a Marcha Mínima o Ralentí

Como se indica en la figura 109, en la prueba de marcha mínima o ralentí, el motor gira a 800 RPM, la temperatura del motor esta elevada de tal modo que marca 103 grados centígrados, el valor de presión de vacío que capto el sensor MAP es de 25 kPa, el porcentaje de apertura de la aleta de aceleración marca 12%.

Figura 109

Prueba a ralentí



Prueba de aceleración progresiva

La segunda prueba proporciona los siguientes datos: por el efecto de acelerar progresivamente las revoluciones del motor suben de 800 hasta 3 000 RPM, la temperatura del

motor subió dos grados centígrados a comparación de la prueba anterior, el valor que el sensor MAP capto ese instante es de 20 kPa, los grados de avance al encendido son de 41 grados y la apertura de la aleta de aceleración es de 16%, en la figura 110 se observan los valores mencionados.

Figura 110

Prueba de aceleración progresiva



Prueba de aceleración brusca

En la prueba de aceleración brusca las revoluciones del motor van a subir hasta 3 330 RPM aproximadamente, la temperatura del refrigerante subió un grado centígrado más a comparación de la prueba anterior, el valor de presión de vacío que se genera en el colector de admisión en ese instante es de 20 kPa, la aleta de aceleración está abierta un 17% y los grados de avance al tiempo de encendido son de 39 grados.

Figura 111

Prueba de aceleración brusca

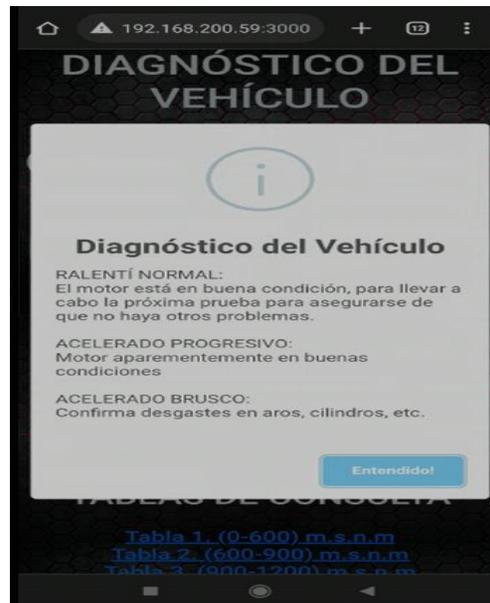


Reporte del estado del motor

Cuando se den por finalizadas las tres pruebas, el módulo genérico de diagnóstico despliega el informe del estado del motor del vehículo Hyundai Accent STD 1.6L de manera que en la pantalla del dispositivo móvil se va a observar una notificación la cual indica que el motor presenta desgaste en los anillos y cilindros.

Figura 112

Diagnóstico del estado del motor



Diagnóstico del vehículo Kia Rio R LX 1.4L

Prueba a Marcha Mínima o Ralentí

Figura 113

Prueba a ralentí



En la figura 113, se observa la pantalla del dispositivo móvil con los resultados de la prueba a marcha mínima, el presente motor gira a 650 RPM, con una temperatura de 93 grados centígrados, el valor de presión de vacío que es captado por el sensor MAP es de 26 kPa, la apertura de la aleta del acelerador marca 11% y el avance al tiempo de encendido es de -3 grados.

Prueba de aceleración progresiva

En la prueba de aceleración progresiva las revoluciones del motor deben llegar hasta 3 100 RPM, la temperatura del motor subió dos grados centígrados a comparación de la prueba anterior, el valor que capta el sensor MAP en ese instante es de 23 kPa, la apertura de la aleta del acelerador es de 16 grados, el tiempo de avance de encendido es de 47 grados.

Figura 114

Prueba de aceleración progresiva



Prueba de aceleración brusca

Para la prueba de aceleración brusca las revoluciones del motor llegan hasta 3 500 RPM, la temperatura del refrigerante no varía con respecto a la prueba de aceleración progresiva, el valor que capta el sensor MAP es de 17kPa.

Figura 115

Prueba de aceleración brusca

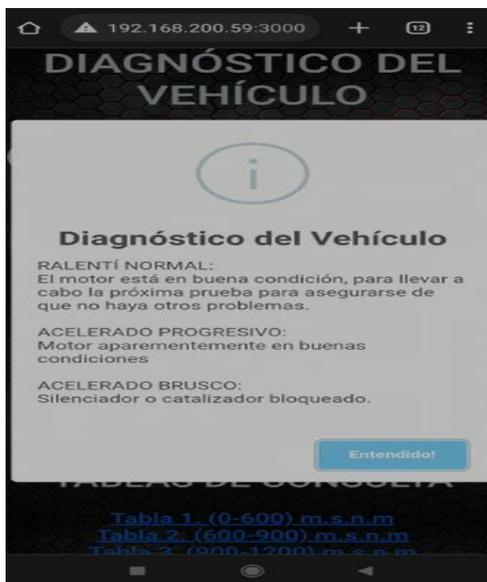


Reporte del estado del motor

Al finalizar las tres pruebas, el módulo genérico de diagnóstico despliega el informe del estado del motor del vehículo Kia Rio, de tal manera que en la pantalla del dispositivo móvil se va a observar una notificación la cual indica que el sistema de escape presenta obstrucciones en el silenciado o catalizador.

Figura 116

Diagnóstico del estado del motor



Capítulo V

Marco administrativo

Recursos

Los parámetros que se utilizaron para el correcto desarrollo del proyecto de investigación son: recursos humanos, materiales y tecnológicos.

Recursos humanos

El desarrollo del presente proyecto de investigación por parte de los recursos humanos se detalla “Diagnóstico de motores de combustión interna a gasolina mediante el monitoreo electrónico a través del uso IoT-Blynk”, se puede observar la participación en la siguiente tabla 57.

Tabla 57

Recursos humanos

Orden	Descripción	Cantidad	Función
1	Chela Manobanda, Chela Wladimir	1	Investigador
2	Viracocha Salazar, Edwin Alexander	1	Investigador
3	Ing. Erazo Laverde, Washington Germán	1	Colaborador Científico

Recursos tecnológicos

Para la ejecución del proyecto de investigación se ocuparon los siguientes recursos tecnológicos, los cuales permitieron desarrollar códigos de programación, aplicación web, obtención de datos, diseño de circuitos embebidos y modelado 2D – 3D, se presentan en la siguiente tabla 58.

Tabla 58*Recursos tecnológicos*

Orden	Cantidad	Descripción
1	1	Software Liveware
2	1	Software Proteus
3	1	Software CAD SolidWorks
4	1	Plataforma Arduino IDE
5	1	Plataforma Matlab R2021b versión educativa
6	1	Plataforma Visual Basic Code
7	1	Paquete Office
8	1	Dispositivo móvil
9	1	Laptop portátil

Recursos materiales

Para el desarrollo de la presente investigación es fundamental los siguientes componentes, equipos y materiales a utilizar, los cuales se detallan en la siguiente tabla 59.

Tabla 59*Recursos materiales*

Orden	Cantidad	Descripción	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	1	Adaptador OBD-II UART V1 (para Arduino)	\$ 105,00	\$ 105,00
2	1	Microcontrolador ESP32 DEVKIT V1	\$ 15,00	\$ 15,00
3	1	Indicador de depresión (vacuómetro)	\$ 35,00	\$ 35,00

Orden	Cantidad	Descripción	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
4	2	Disco sólido (480 GB)	\$ 60,00	\$ 120,00
6	1	Elementos y componentes electrónicos	\$ 3,50	\$ 3,50
7	1	Impresión 3D con filamento PLA	\$ 12,00	\$ 12,00
8	1	Cable micro USB 2.0	\$ 3,00	\$ 3,00
9	5	Combustible (Gal)	\$ 2,55	\$ 12,75
10	1	Viáticos	\$ 150,00	\$ 150,00
11	1	Horas de internet	\$ 44,00	\$ 44,00
Costo total			\$	500,00

Presupuesto

El presupuesto del proyecto de investigación se distribuyó en recursos materiales, una capacitación para el uso y manejo de la plataforma de programación y cálculo numérico y de la movilidad, como se detalla en la siguiente tabla.

Costo total del proyecto de investigación

El costo total del proyecto es de \$ 900,00 dólares americanos.

Tabla 60

Costo total

Ord	Descripción	Costo total
1	Recursos materiales	\$ 500,00
2	Capacitación en plataforma de programación y cálculo numérico (virtual)	\$ 300,00
3	Movilidad	\$ 100,00
Total		\$ 900,00

Financiamiento

El financiamiento del presente proyecto de investigación se realizó por parte de los investigadores: Chela Manobanda, Jefferson Wladimir y Viracocha Salazar, Edwin Alexander, de este modo, la inversión por cada integrante es de \$ 450,000 dólares americanos.

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- La selección de dispositivos eléctricos y electrónicos se encuentran disponibles en el mercado a precios accesibles, además, sus funciones son adaptables con la tecnología IoT.
- Se diagnosticó motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica de forma exitosa gracias a los tipos de protocolos de comunicación que fueron adaptables al OBD-II UART V1 para arduino.
- La evaluación de validación de datos mediante el monitoreo electrónico es óptima para generar un reporte del estado del motor a través del modelo matemático LOOCV (validación cruzada de datos).
- El NodeMCU ESP32 y el adaptador OBD-II UART V1 cumplen con los requerimientos necesarios para establecer un sistema de comunicación con la tecnología IoT y la estructura fundamental de una base de datos.
- Con la ayuda de la plataforma de programación y calculo numérica versión educativa se analizaron las gráficas del comportamiento de los PID`s en las tres zonas, de manera que se observó puntos estables, fluctuantes, puntos crecientes y decrecientes.
- El uso de dispositivos electrónicos de tamaño reducido y plataformas de programación es una gran alternativa para la incursión de nuevos métodos de diagnóstico para motores de combustión interna a gasolina con inyección electrónica sin la necesidad de hacer uso de tecnología sofisticada.
- Mediante el uso de software aplicados de esquemas de circuitos eléctricos y electrónicos se diseñó el módulo genérico de diagnóstico portable y fácil de manipular.

- Se recolectó una muestra de catorce vehículos de las marcas más demandantes en el país como es el caso de Chevrolet, Kia, Hyundai, Great Wall y DFSK, de modo que cada fabricante utiliza su propio protocolo de comunicación y velocidad de transmisión de datos.
- Mediante la aplicación del modelo matemático en el proceso de validación de datos se obtuvo un nivel de certeza para las tres pruebas de diagnóstico por vacío, para la prueba a marcha mínima o ralentí se obtuvo un 94,1% de certeza, para la prueba de aceleración progresiva la certeza es de 86,7% y la certeza en la prueba de aceleración brusca es de 91,1%.
- La inteligencia artificial computacional resulta muy eficaz para enseñar a un dispositivo electrónico el proceso de aprendizaje automático confiable sin la necesidad de usar ecuaciones y conjunto de datos complejos.
- Se estableció una relación directamente proporcional del valor del sensor MAP y la lectura del vacuómetro estableciendo un valor de 22kPa en marcha mínima con una velocidad de giro del cigüeñal de 800 a 900 RPM.
- Con los parámetros establecidos por el sensor MAP y la presión barométrica de 71 kPa se extrapolaron e interpolaron valores para la construcción de tablas de diagnóstico de consulta a diferentes intervalos de altitud con la finalidad de establecer un diagnóstico estandarizado para las cuatro regiones del país.
- Se diseñó una interfaz gráfica y una aplicación web accesible para todos los dispositivos móviles u ordenadores que se muestra de manera estética y didáctica de fácil uso y manipulación.

Recomendaciones

- No trabajar con voltajes altos, ya que el adaptador OBD-II UART V1 trabaja con 5 voltios y el microcontrolador con 3,3 voltios.
- El cable de 5 voltios del adaptador OBD-II UART V1 no se conecta ya que cada dispositivo tiene fuente de alimentación propia.
- Para el uso de plataformas de programación y cálculo numérico versión educativa se debe contar con un procesador mínimo de 8GB de capacidad en su memoria RAM.
- Antes de usar el módulo genérico de diagnóstico se debe leer la guía de uso, donde se detalla el proceso de conexión e instalación.
- Revisar la tabla de vehículos compatibles con el adaptador ODB-II UART antes de ejecutar cualquier diagnóstico.
- Identificar el DLC del vehículo de prueba que tenga conexión a 16 pines.
- Los algoritmos aumentan su porcentaje de certeza de forma adaptiva, a medida que aumenta el número de muestras disponibles para el aprendizaje automático.
- Para aplicación de vacío se debe revisar el instrumento de medida que este en cero y los acopes estén en perfecto estado, además que las mangueras no estén obstruidas.
- Para que no exista errores en la extracción de datos, el módulo debe alojarse en un lugar adecuado o una superficie plana.
- Para el enlace de datos de la interfaz gráfica con la aplicación web se debe ingresar la misma dirección IP del ordenador o dispositivo móvil.
- Se recomienda seguir el procedimiento adecuado de 45 o 60 segundos para realizar el diagnóstico de las tres pruebas, caso contrario el reporte de motor entregará un resultado un diagnóstico erróneo.

Bibliografía

- Anchapaxi, A. (2016). Recolección de datos del sistema OBD-II de un automóvil usando un dispositivo android. *Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Información*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Angulo, A., Gómez, D., & Estrada, J. (2018). *Mediciones con compresómetro y vacuómetro*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Arduino. (08 de marzo de 2022). *IDE 1 de arduino*. Obtenido de <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/Environment#serial-monitor>
- Atmosférica, P. (21 de enero de 2016). *Sailand Trip*. Obtenido de Sailand Trip: <https://sailandtrip.com/presion-atmosferica/>
- Automotriz, D. M. (10 de agosto de 2018). *DTC Mantenimiento Automotriz*. Obtenido de DTC Mantenimiento Automotriz: <https://www.youtube.com/watch?v=WWR7oydky1c&t=64s>
- Automotriz, I. y. (30 de Enero de 2020). *Ingeniería y Mecánica Automotriz*. Obtenido de <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-conector-dlc-obd-ii-y-cual-es-su-funcion/>
- Automotriz, V. (5 de febrero de 2022). *Tools-AD Automotive* . Obtenido de Tools-AD Automotive: <https://www.toolsad.es/vacuometro-automotriz#:~:text=El%20vacu%C3%B3metro%20automotriz%20es%20una, posibles%20aver%C3%ADas%20en%20el%20motor.>
- Avalos, D., & Brito, R. (2014). Diseño y construcción de una unidad electrónica para controlar los tiempos de inyección de combustible en un simulador de motor de combustión interna. *Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Control*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Avance, A. (7 de octubre de 2019). *Sensor MAP Fallas y Funcionamiento*. Obtenido de Sensor MAP Fallas y Funcionamiento: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/sensor-map-para-que-sirve/>
- Betancourt, G. (2005). Las máquinas de soporte vectorial (SVMs). *Scientia Et Technica*, 7.
- Blanco, E., & Sanz, H. (2016). *Algoritmos de clustering y aprendizaje automático aplicados a Twitter*. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.

- Blogspot. (01 de 12 de 2013). Obtenido de <https://soloarduino.blogspot.com/2014/10/sensores-y-actuadores.html>
- Bravo, J., & Guanuche, M. (2019). Estudio de las señales analógicas y digitales de los sistemas electrónicos del motor de encendido provocado mediante simulación de averías. *Proyecto técnico*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Cabello, M. (7 de mayo de 2016). *ManuSoft.es*. Obtenido de <https://www.manusoft.es/arduino/iniciacion-arduino/4-monitor-serie/>
- Cam2. (25 de 11 de 2019). *¿ Qué es un sensor de presión atmosférica ?* Obtenido de <https://www.cam2.com.pe/single-post/2019/11/25/-qu%C3%A9-es-un-sensor-de-presi%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica>
- Cárdenas, Á. (08 de 11 de 2016). *SecmotiC*. Obtenido de <https://secmotiC.com/plataforma-iot/#gref>
- CarSync. (26 de 02 de 2021). *CarSync*. Obtenido de <https://blog.carsync.com/blog/internet-de-las-cosas-transporte>
- Casa, E., & León, E. (2011). Análisis de parámetros de información de diagnósticos PID's y ajustes de combustible LFT-SFT mediante el uso del escáner en vehículos de la marca chevrolet D-max 3.0 pertenecientes a la ESPE extensión latacunga. *Proyecto de grado previa a la obtención del título de tecnólogo en mecánica automotriz*. Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Latacunga, Ecuador.
- Castillo, A. (2015). Diseño e implementación de un sistema de gestión automática para vehículos sobre la plataforma android. *Tesis previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones*. Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador.
- Coelho, F. (20 de 02 de 2020). *Significados*. Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/presion-atmosferica/>
- educativa, R. (9 de julio de 2012). *Blogspot.com*. Obtenido de <http://solorobotica.blogspot.com/2012/07/programacion-de-arduino-elide-de.html>
- Emisiones, S. d. (2019). Obtenido de <https://docplayer.es/5703901-6-sensor-de-posicion-del-acelerador-tps.html>

- Erazo, G., & Quiroz, L. (2010). Metrología Automotriz. *Programa de aprendices Chevrolet*. Escuela Politécnica del Ejército, Latacunga.
- Fernández, Y. (21 de 04 de 2021). *Xataka*. Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/tipos-usb-estandares-conectores-caracteristicas-cada-uno>
- Flores, F. (22 de julio de 2022). *OpenWebinars*. Obtenido de <https://openwebinars.net/blog/que-es-visual-studio-code-y-que-ventajas-ofrece/>
- Freemetics. (24 de 07 de 2022). *Freemetics* . Obtenido de https://freemetics.com/store/index.php?route=product/product&product_id=83
- Funciones.xyz. (23 de Octubre de 2021). *f(x) funciones.xyz*. Obtenido de [f\(x\) funciones.xyz: https://www.funciones.xyz/interpolacion-lineal-y-cuadratica-interpolacion-funcion/](https://www.funciones.xyz/interpolacion-lineal-y-cuadratica-interpolacion-funcion/)
- Gaitán, F., Mayorga, W., Onofre, O., Reynoso, E., & Soto, J. (2018). Propuesta de un Modelo de Aplicación de IoT y Telemetría en los Procesos de Servicios de Taller para Empresas Concesionarias Automotrices. *Tesis presentada en satisfacción parcial de los requerimientos para obtener el grado de Maestro en Dirección de Tecnologías de Información*. Esan Graduate School of Business, Lima.
- Galindo, E. A., Perdomo, J. A., & Figueroa, J. C. (2020). Estudio comparativo entre máquinas de soporte vectorial multiclase, redes neuronales y sistema de inferencia neurodifuso auto organizado para problemas de clasificación. *Información Tecnológica*, 14.
- García, L., & Cayón, P. (2019). Retos jurídicos de los vehículos conectados en la era del internet de las cosas. *UNAM*, 32.
- Golbaltech. (s.f.). *Golbaltech*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.globaltechla.com/eBusiness/fichas_tecnicas/TEORIA-CONECTIVIDAD-OBD.pdf
- Grobotronics. (2022). *Grobotronics*. Obtenido de [Grobotronics: https://grobotronics.com/esp32-development-board-devkit-v1.html](https://grobotronics.com/esp32-development-board-devkit-v1.html)
- Guacho, M., & Rea, E. (2014). Control de funcionamiento de sensores actuadores y verificación de la ECU mediante la implementación de un motor virtual para la escuela de Ingeniería Automotriz. *Tesis de Grado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

helloauto. (15 de mayo de 2022). *helloauto*. Obtenido de helloauto:

<https://helloauto.com/glosario/TPS#:~:text=El%20TPS%2C%20en%20ingl%C3%A9s%20Throttle,el%20acelerador%20de%20los%20coches.>

Herrera, D., & Cabrera, A. (2016). Estudio de las variables físicas en condiciones de presiones según la CAN con el sensor MAP en un automóvil. *Artículo investigación para la obtención del título de Ingeniería en Mecánica Automotriz*. Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.

Inteligente, i. (17 de 01 de 2019). *i2t Smart*. Obtenido de <https://i2t.com.mx/internet-de-las-cosas/>

Jaramillo, M. (2021). Diseño y ensamble de un prototipo de alimentador automático ecológico para piscinas de cría de camarón. *rabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil.

Lara, B. (24 de 06 de 2013). *Como generar vacío en un motor*. Obtenido de Como generar vacío en un motor: <https://es.slideshare.net/elbryandres/como-genera-vaco-un-motor>

Lopez, J. (2019). Metrología en el campo automotriz. *Título Profesional de Licenciado en Educación Especialidad: Fuerza Motriz*. Universidad Nacional de Educación, Lima.

Martínez, J., & Robles, L. (2010). *Estudio del comportamiento de las variables de un motor de inyección electrónica respecto a la altura sobre el nivel del mar*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

MathWorks. (25 de 07 de 2022). *MathWorks*. Obtenido de <https://la.mathworks.com/solutions/internet-of-things.html>

Matlab, M. (26 de septiembre de 2021). *ALL PC Worlds*. Obtenido de <https://allpcworlds.com/mathworks-matlab-r2021b-free-download/>

Mejía, A., & Armijos, F. (2015). Caracterización de los sensores y actuadores del motor ARMFELD VOLKSWAGEN CM11-306. *Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico Automotriz*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Motorysa. (25 de junio de 2021). *Motorysa*. Obtenido de Motorysa: <https://mitsubishi-motors.com.co/blog/revoluciones-por-minuto-que-son/>

- Mundocarros. (27 de agosto de 2019). *Mundocarros*. Obtenido de Mundocarros:
<https://mundocarros.info/sensor-posicion-del-acelerador-tps/>
- Muñoz, J. (25 de 07 de 2022). *Entorno de programación*. Obtenido de
http://www.practicascconarduino.com/manualrapido/entorno_de_programacin.html
- Negocios, E. (08 de 09 de 2021). *Ekos Negocios*. Obtenido de
<https://www.ekosnegocios.com/articulo/las-10-marcas-de-vehiculos-mas-vendidos-en-ecuador-enero-a-julio-de-2021>
- Perera, A. M. (1990). Inyección electrónica en motores de gasolina. En A. M. Perera, *Inyección electrónica en motores de gasolina* (pág. 4). Barcelona-Mexico: BIOXAREU.
- Pérez, R. (8 de febrero de 2019). *sibuscascoche*. Obtenido de sibuscascoche:
<https://www.sibuscascoche.com/noticias/2019/funcion-sensor-temperatura-coche-segunda-mano/>
- Porras, J. (2018). Analisis de datos con matlab. En J. Porras, *Analisis de datos con matlab* (pág. 14). Bogota: Universidad ECCI.
- Riosulense. (16 de 08 de 2019). *Rio.expert*.
- Rober, O. (29 de 07 de 2022). *Orlan Rober*. Obtenido de Orlan Rober: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.orlanrober.com.ar/pdf/notas_tecnicas/Vacuometro.%20Caracteristicas%20y%20lectura.pdf
- Rodrigo, J. A. (Noviembre de 2016). *Validación de modelos predictivos: Cross-validation, OneLeaveOut, Bootstrapping*. Obtenido de
[https://www.cienciadedatos.net/documentos/30_cross-validation_oneleaveout_bootstrap#Leave_One_Out_Cross-Validation_\(LOOCV\)](https://www.cienciadedatos.net/documentos/30_cross-validation_oneleaveout_bootstrap#Leave_One_Out_Cross-Validation_(LOOCV))
- Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). *La internet de las cosas - Una breve reseña*. The Internet Society (ISOC). Obtenido de <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>
- Ruiz, J. (2017). *Diseño y desarrollo de un sistema de diagnóstico de vehículos basados en módulos empotrados de bajo coste y en dispositivos móviles inteligentes*. Universidad Politécnica de Cartagena, España.

- Samaniego, J. (18 de 05 de 2018). *Hablemos de empresas*. Obtenido de <https://rio.expert/es/blog/productos-originales/internet-de-las-cosas-en-el-sector-automotriz-que-se-espera-en-el-futuro/>
- SN, S. (12 de febrero de 2022). *avance de encendido*. Obtenido de avance de encendido: https://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=247
- Stevenson, C. (21 de 07 de 2017). *Puro Motores*. Obtenido de Puro Motores: <https://www.puromotores.com/13143608/como-un-motor-de-un-vehiculo-crea-un-vacio>
- Takeyas, B. L. (2007). Introducción a la Inteligencia Artificial. *Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo*, 3.
- Tapia, J. D. (2022). Desarrollo de un sistema de seguridad inalámbrico mediante el uso de una aplicación móvil y módulos ESP32. *Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Información*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- tok.wiki. (2022). *PID OBD-II*. Obtenido de https://hmong.es/wiki/OBD-II_PIDs
- Trujillo, R. J. (2016). *Diseño e implementación de un sistema interactivo de mantenimiento preventivo para vehículos con protocolo OBD-II*. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de ciencias de la ingeniería e industrias.
- Unitelectronics. (24 de 07 de 2022). *Tienda de componentes electrónicos*. Obtenido de <https://uelectronics.com/producto/devkitv1-esp32-modulo-wifi-bluetooth-esp32-arduino/>
- Vacacela, J., & Rivera, N. (2018). Estudio de las señales PID's obtenidas a través de OBD-II en función de las maniobras de conducción, arranque, cambio de marcha y freno motor para el desarrollo de un algoritmo. *Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico Automotriz*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Vacuometros. (11 de Diciembre de 2020). *importaciones*. Obtenido de importaciones: <https://larevista.aqpsoluciones.com/2020/12/11/vacuometros/>
- Villegas, C. (2015). Diseño e Implementación de una aplicación móvil para obtener la ubicación de vehículos mediante mensajes de texto y GPS. *Tesis para optar el título de Ingeniero Informático y Sistemas*. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Perú.

Visual Studio, C. (8 de abril de 2022). *Visual Studio Code*. Obtenido de <https://code.visualstudio.com/docs/getstarted/userinterface>

Zumba, A. (2021). Diagnóstico del sistema de encendido del motor Chevrolet Sail a partir del analizador FSA500. *Proyecto de grado para la obtención del título de Ingeniero Mecánica Automotriz*. Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

Anexos