

REPÚBLICA DEL ECUADOR



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE POSGRADO**



**MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ CON MENCIÓN EN NEGOCIOS  
AUTOMOTRICES**

**TEMA:**

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA DE UN MOTOR  
DE ENCENDIDO PROVOCADO UTILIZANDO UN EQUIPO DE DIAGNÓSTICO  
CON BASE EN EL SENSOR ECT**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de magíster en ingeniería automotriz con  
mención en negocios automotrices

AUTOR: Ing. Jonathan Andrés Cevallos Yandun.

DIRECTOR: Ing. Carlos Nolasco Mafla Yépez PhD.

ASESOR: Ing. Érick Paúl Hernández Rueda MSc.

IBARRA - ECUADOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA



**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 27 de mayo de 2025

Carlos Nolasco Mafla Yépez  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final del trabajo de integración curricular, mismo que se ajusta a las normas vigentes de la universidad técnica del norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

CARLOS NOLASCO MAFLA YÉPEZ

Director del trabajo de grado



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA



AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD	1003626809		
APELLIDOS Y NOMBRES	Cevallos Yandún Jonathan Andrés		
DIRECCIÓN	Calle Miguel Sánchez 2-54 y Tobías Mena		
EMAIL	Jacevallosy@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO	065004733	TELÉFONO MÓVIL:	0939070385

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	Estudio del Comportamiento de la Temperatura de un Motor de Encendido Provocado Utilizando un Equipo de Diagnóstico con Base en el Sensor ECT
AUTOR	Jonathan Andrés Cevallos Yandún
FECHA: DD/MM/AAAA	29-07-2025
PROGRAMA DE POSGRADO	Maestría en Ingeniería Automotriz con Mención en Negocios Automotrices
TÍTULO POR EL QUE OPTA	Magister en Ingeniería Automotriz con Mención en Negocios Automotrices
TUTOR	PHD. Carlos Nolasco Mafla Yépez



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA



## CONSTANCIA

El autor Jonathan Andrés Cevallos Yandún, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 31 días del mes de Julio del año 2025.

EL AUTOR:

Jonathan Andrés Cevallos Yandún.

CI: 1003626809

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por ser la base de todo lo que soy. A mi madre, por su amor incondicional y su ejemplo de fortaleza; a mi padre, por enseñarme el valor del esfuerzo y la honestidad.

Gracias por su apoyo constante en cada paso de este camino.

A mi esposa, por su paciencia, comprensión y amor. Tu compañía ha sido mi mayor impulso en los momentos más difíciles. Esta meta también te pertenece.

A mis hermanos, por su cariño, por creer en mí y por acompañarme siempre con su apoyo ha sido fundamental para llegar hasta aquí.

A todos ustedes, con todo mi amor y gratitud, les dedico este logro.

## **RECONOCIMIENTO**

Agradezco infinitamente a mi asesor PhD. Carlos Mafla por su orientación técnica, dedicación y compromiso durante el desarrollo de esta tesis. A mis profesores del programa de posgrado de la Universidad Técnica del Norte, por compartir sus conocimientos y experiencias que enriquecieron mi formación. A mi familia, por su constante apoyo moral y motivación incondicional. Este trabajo es fruto del esfuerzo conjunto y del respaldo de todos ellos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	II
CONSTANCIA.....	II
DEDICATORIA.....	III
RECONOCIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Objetivos de la Investigación.....	2
1.3.1. <i>Objetivo General</i> .....	2
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	2
1.4. Justificación.....	3
1.5. Alcance.....	3
CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL.....	5
2.1. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.1 <i>Funcionamiento del Motor de Encendido Provocado</i> .....	5
2.1.2 <i>Factores que influyen en la temperatura de operación</i> .....	5
2.1.3 <i>Sistema de enfriamiento del motor</i> .....	6
2.1.4 <i>Componentes del sistema de Refrigeración del Motor</i> .....	6
2.1.5 <i>Flujo del refrigerante y su influencia en el control térmico</i> .....	7
2.1.6 <i>Relación entre el sistema de enfriamiento y la eficiencia del motor</i> .....	8
2.1.7 <i>Sensor de Temperatura del motor ECT</i> .....	8
2.1.8 <i>Ubicación y funcionamiento del sensor ECT</i> .....	9
2.1.9 <i>Tipos de termistores NTC/PTC</i> .....	9
2.1.10 <i>Importancia del sensor ECT en la estrategia de inyección electrónica</i> .....	10
2.1.11 <i>Señales generadas y su interpretación por la ECU</i> .....	10
2.1.12 <i>Protocolos de comunicación OBD-II y EOBD</i> .....	11
2.1.13 <i>Interpretación de Códigos de Falla Relacionados al Sensor ECT</i> .....	12
2.1.14 <i>Bujías Automotrices</i> .....	13
2.1.15 <i>Inyectores Automotrices</i> .....	14
2.1.16 <i>Potenciómetro 10K<math>\Omega</math></i> .....	14
2.1.17 <i>LabVIEW</i> .....	15
2.1.18 <i>Matlab</i> .....	15

	V
2.2. MARCO LEGAL.....	16
2.2.1. Norma Internacional ISO 15031-5.....	16
2.2.2. Reglamento UN/ECE R83 (Unión Europea).....	16
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....	18
3.1. ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	18
3.1.1 Tipo de Investigación.....	18
3.1.2. Enfoque Cuantitativo.....	18
3.2. INTRODUCCIÓN.....	18
3.3. MATERIALES.....	19
3.4. EQUIPOS DE OBTENCIÓN DE DATOS.....	24
3.4.1. ESCÁNER AUTOMOTRIZ.....	24
3.4.2. MULTÍMETRO AUTOMOTRIZ FLUKE 88V DELUXE.....	26
3.4.3. POTENCIÓMETRO 10K.....	28
3.5. MÉTODOS.....	29
3.6. FALLAS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE UN MOTOR DE AVEO EMOTION.....	29
3.7. SIMULACIÓN DE FALLOS Y PROCEDIMIENTOS.....	30
3.7.1 Bujías.....	30
3.7.2. Inyectores.....	31
3.7.3. Conexión de un potenciómetro en el circuito del Sensor ECT.....	32
3.8. MEDICIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL MOTOR (ECT).....	33
3.8.1. Procedimiento de Medición en el Vehículo Aveo Emotion.....	33
3.8.2. Toma de Datos con el escáner Launch X431 Pro GT.....	34
3.8.3. Obtención de Datos del escáner Launch X431 Pro GT.....	36
3.8.4. Anomalías en el Vehículo Aveo Emotion.....	37
3.8.4.1. Problema en la bujía.....	37
3.8.4.2. Problema en el sistema de inyección de combustible.....	37
3.8.4.3. Problema en el sensor de temperatura del motor.....	38
3.9. RECOPIACIÓN DE DATOS.....	38
3.9.1. Aprendizaje automático.....	38
3.9.2. Descripción del Proceso de Entrenamiento y Validación de Modelos en MATLAB.....	40
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1. INTRODUCCIÓN.....	41
4.2. ANÁLISIS EN EL VEHÍCULO AVEO EMOTION EN BUEN ESTADO.....	41
4.3. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DEL MOTOR MEDIANTE LA TOMA DE DATOS CON EL ESCÁNER.....	42
4.4. ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN TÉRMICA DEL MOTOR ANTE UNA FALLA EN LA BUJÍA.....	43
4.5. ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN TÉRMICA DEL MOTOR ANTE UNA FALLA EN UN INYECTOR.....	45
4.6. ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN TÉRMICA DEL MOTOR MEDIANTE LA VARIACIÓN DEL VOLTAJE DEL SENSOR ECT.....	46
4.7. ANÁLISIS GENERAL DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TEMPERATURA EN EL MOTOR.....	47

	V
4.8. APRENDIZAJE AUTOMÁTICO.....	49
4.8.1. MATRIZ DE DATOS CON DIFERENTES ESTADOS.....	49
4.8.2. PREDICCIÓN DE FALLAS TÉRMICAS EN MOTORES.....	51
4.8.3. MODELO DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PARA MONITOREO TÉRMICO DEL MOTOR.....	51
4.8.4. GRÁFICO DE DISPERSIÓN POR TENDENCIA CRECIENTE DE TEMPERATURA POR CATEGORÍAS.....	52
4.8.5. MODELO PREDICTIVO BASADO EN EL SENSOR ECT PARA EL DIAGNÓSTICO TÉRMICO DEL MOTOR.....	53
4.8.6. DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE REGÍMENES TÉRMICOS MEDIANTE SENSOR ECT Y CURVA ROC.....	54
4.8.7. ECUACIONES FINALES PARA LAS PREDICCIONES DE FALLA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	55
4.9. ANÁLISIS GENERAL DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TEMPERATURA CON MATLAB.....	56
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS.....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Fluctuaciones de voltaje generadas por el sensor ECT.....	11
Tabla 2.2. Interpretación de Códigos de Falla Relacionados al Sensor ECT.....	12
Tabla 3.1. Ficha técnica del Vehículo Aveo Emotion 1.6 cc.....	20
Tabla 3.1. Especificaciones Técnicas del Sistema de Refrigeración.....	23
Tabla 3.2. Programa de mantenimiento de Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc.....	24
Tabla 3.3. Descripción general del Escáner Automotriz Launch x431 Pro GT .....	26
Tabla 3.4. Características del Multímetro Automotriz Fluke 88V Deluxe .....	27
Tabla 3.5. Características del Potenciómetro de 10 K.....	28
Tabla 3.6. Análisis de Fallas en el sistema de refrigeración .....	30
Tabla 3.7. Procedimiento de Medición en el vehículo Aveo Emotion.....	33
Tabla 3.8. Procedimiento de toma de datos con el escáner Launch X431 Pro GT .....	35
Tabla 4.1 Simulación en buen estado .....	42
Tabla 4.2 Falla en las bujías.....	44
Tabla 4.3 Falla en el inyector.....	45
Tabla 4.4 Variación de voltaje en el sensor ECT.....	46
Tabla 4.5 Resultados del Análisis de Temperatura .....	48
Tabla 4.6 Datos resultados obtenidos en las distintas pruebas realizadas al motor .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1. Ciclo Otto [8] .....	5
Fig. 2.2. Temperatura de operación del motor [10].....	6
Fig. 2.3. Sistema de enfriamiento del motor [12] .....	6
Fig. 2.4. Componentes del sistema de Refrigeración del Motor [11].....	7
Fig. 2.5. Flujo del refrigerante en motores de combustión interna [14] .....	7
Fig. 2.6. Eficiencia térmica en motores gasolina [16].....	8
Fig. 2.7. Sensor de Temperatura del motor ECT [18] .....	8
Fig. 2.8. Ubicación del sensor ECT en el motor referencia [20].....	9
Fig. 2.9. Tipos de termistores NTC/PTC [22].....	10
Fig. 2.10. Protocolos de comunicación OBD-II y EOBD.....	12
Fig. 2.11. Las bujías [28].....	13
Fig. 2.12. Inyectores Automotrices [29] .....	14
Fig. 2.13. Potenciómetro 10K $\Omega$ [31].....	14
Fig. 2.14. Logotipo de LabVIEW [33] .....	15
Fig. 2.15. Logotipo de Matlab [35] .....	16
Fig. 3.1. Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc.....	20
Fig. 3.2. Diagrama electrónico del vehículo Chevrolet Aveo Emotion [39] .....	21
Fig. 3.3. Diagrama electrónico del sistema de refrigeración [35] .....	22
Fig. 3.4. Escáner Automotriz Launch x431 Pro GT [42] .....	25
Fig. 3.5. Multímetro Automotriz Fluke 88V Deluxe [44].....	27
Fig. 3.6. Potenciómetro 10 K Preguntar [48].....	28
Fig. 3.7. Bujías en mal estado.....	31
Fig. 3.8. Circuito del potenciómetro .....	32
Fig. 3.9. Conexión apropiada del escáner Launch X431 Pro GT al vehículo [50].....	33
Fig. 3.10. Obtención de datos desde el equipo a la computadora. ....	37
Fig. 3.11. Proceso de desarrollo de modelo de datos .....	39
Fig. 3.12. Flujograma de modelos de clasificación.....	40
Fig. 4.1. Diagnóstico en el vehículo Aveo Emotion .....	41
Fig. 4.2. Análisis de temperatura con motor en buen estado .....	43
Fig. 4.3. Falla en la bujía .....	44
Fig. 4.4. Falla en el inyector .....	46
Fig. 4.5. Variación de voltaje en el sensor ECT.....	47
Fig. 4.6. Resultados de temperatura del sensor ECT ante fallas del motor .....	49
Fig. 4.7. Modelo 2.4 línea discriminial.....	51
Fig. 4.8. Gráfico de dispersión de temperatura .....	52
Fig. 4.9. Matriz de confusión del Modelo 2.4.....	53
Fig. 4.10. Curva ROC del modelo 2.4 .....	54

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1. Buen estado .....	55
Ecuación 2. Falla en la bujía .....	55
Ecuación 3. Falla en el inyector .....	55

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE POSGRADO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ  
CON MENCIÓN EN NEGOCIOS AUTOMOTRICES  
TITULO DE TRABAJO DE TITULACIÓN  
**PREDICCIÓN DE FALLAS BASADA EN LA TEMPERATURA DEL LÍQUIDO  
REFRIGERANTE DE UN MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO**

Autor: Ing. Jonathan Andrés Cevallos Yandún.

Tutor: Ing. Carlos Nolasco Mafla Yépez PhD.

Año: 2025

## **RESUMEN**

El presente estudio tuvo como objetivo principal predecir fallas en el sistema térmico de un motor de encendido provocado, mediante el análisis de la temperatura del líquido refrigerante utilizando el sensor ECT y herramientas de diagnóstico automotriz. Para ello se implementó una metodología experimental aplicada sobre un vehículo Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc, donde se simuló fallas controladas en componentes como las bujías, inyectores y el propio sensor ECT. Se recopiló datos térmicos en distintas condiciones de operación mediante un escáner Launch X431 Pro GT, estableciendo un conjunto robusto de datos históricos, estos datos fueron procesados con técnicas de aprendizaje automático, permitiendo desarrollar un modelo predictivo de fallas que alcanzó una precisión superior al 90%, validado mediante matriz de confusión y curva ROC. Adicionalmente, se identificaron umbrales críticos de temperatura entre 85 °C y 96 °C, que delimitan el rango óptimo de operación del motor y permiten una alerta temprana ante posibles anomalías, como resultado, se demostró que el uso combinado del sensor ECT, técnicas de diagnóstico automotriz y modelos de aprendizaje automático representa una herramienta eficiente para el monitoreo térmico en tiempo real y el mantenimiento predictivo del motor, optimizando así el rendimiento, la durabilidad del sistema de refrigeración y la prevención de fallas mayores en entornos automotrices modernos.

Palabras clave: Sensor ECT, Modelo predictivo, Temperatura del refrigerante, Diagnóstico automotriz, Aprendizaje automático

NORTHERN TECHNICAL UNIVERSITY  
POSTGRADUATE FACULTY  
MASTER'S PROGRAM IN: AUTOMOTIVE ENGINEERING  
WITH A SPECIALIZATION IN AUTOMOTIVE BUSINESS  
THESIS TITLE  
PREDICCIÓN DE FALLAS BASADA EN LA TEMPERATURA DEL LÍQUIDO  
REFRIGERANTE DE UN MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO

Author: Eng. Jonathan Andrés Cevallos Yandún.

Advisor: Eng. Carlos Nolasco Mafla Yépez, PhD.

Year: 2025

### **ABSTRACT**

The main objective of this study was to predict failures in the thermal system of a spark ignition engine by analyzing the coolant temperature using the ECT sensor and automotive diagnostic tools. For this purpose, an experimental methodology was implemented on a Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc vehicle, where controlled failures were simulated in components such as spark plugs, injectors and the ECT sensor itself. Thermal data were collected under different operating conditions using a Launch X431 Pro GT scanner, establishing a robust set of historical data, these data were processed with machine learning techniques, allowing the development of a predictive model of failures that reached an accuracy of over 90%, validated by confusion matrix and ROC curve. Additionally, critical temperature thresholds between 85 °C and 96 °C were identified, which delimit the optimal range of engine operation and allow an early warning of possible anomalies. As a result, it was demonstrated that the combined use of the ECT sensor, automotive diagnostic techniques and machine learning models represents an efficient tool for real-time thermal monitoring and predictive engine maintenance, thus optimizing the performance, durability of the cooling system and prevention of major failures in modern automotive environments.

Keywords: ECT sensor, Predictive modeling, Coolant temperature, Automotive diagnostics, Machine learning

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del Problema**

Con el paso del tiempo dentro de la industria automotriz se ha ido innovando, incorporando nuevas tecnologías dentro del automotor, esto ayudado a tener mayor eficiencia en rendimiento, ahorro y contribuyendo con el medio ambiente con la reducción de la contaminación [1].

En la actualidad los motores de encendido provocado se caracterizan por el proceso de combustión, al producir chispa en la bujía así lo menciona [2]. “La combustión se produce mediante el avance de una llama que se propaga desde la bujía y separa continuamente dos zonas distintas en la cámara de combustión: con gases frescos y gases quemados. Estos motores se conocen como: motores de explosión, encendido por chispa y Otto” (p.29).

El Sensor de Temperatura del Líquido Refrigerante (ECT) es el encargado de medir y controlar la temperatura del refrigerante del motor, por medio de un mecanismo que emite una señal a la computadora del vehículo lo cual provoca una exacta mezcla del aire con la gasolina dentro del motor. Este sensor de temperatura proporciona datos muy relevantes para evaluar la temperatura interna del motor, sin embargo, la precisión y la fiabilidad del diagnóstico del comportamiento térmico del motor utilizado en el sensor ECT puede variar debido a varios factores, como el paso del tiempo, el uso y el desgaste excesivo esto presenta problemas de funcionamiento en el rendimiento, deteriorando la vida del motor y provocando problemas de contaminación [3].

La investigación propuesta aborda un problema fundamental en el campo de la ingeniería automotriz la cual tiene el potencial de mejorar significativamente la precisión y la confiabilidad del diagnóstico del comportamiento térmico de los motores de encendido provocado a su vez servirá de una fuente referencial para futuras investigaciones. Al cumplir con los objetivos de investigación establecidos, se puede avanzar en el desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles en el campo de la ingeniería automotriz.

Para determinar el comportamiento térmico, su rendimiento, eficiencia y durabilidad de los Motores de Encendido Provocado (MEP), se presenta este trabajo un estudio experimental que permitirá evaluar el comportamiento térmico del motor basado en el sensor ECT [4].

## **1.2. Antecedentes**

En la actualidad la industria automotriz se ha convertido en un área muy atractiva para realizar estudios de investigación, los cuales han contribuido al desarrollo de nuevas tecnologías que han ayudado para el entendimiento y desarrollo de este trabajo de investigación.

Los motores de combustión interna tienen varias debilidades como limitaciones de potencia máxima, emisión de gases contaminantes debido a su dependencia a los derivados del petróleo, lo que es muy atractivo para realizar estudios de innovación dentro de los motores, los cuales se clasifican en Motor de Encendido Provocado (MEP) y Motor de Encendido por Compresión (MEC) [5].

Los sensores son dispositivos que se encargan de medir las condiciones operativas del vehículo, estos sensores envían datos a la computadora para que esta actúe bajo criterios ya establecidos de acuerdo con las características de funcionamiento, es por esto que el sensor ECT medirá el comportamiento de temperatura del motor [2].

La ventaja del equipo de diagnóstico es realizar una constante medición de los niveles de temperatura, control de presión, vibración del motor, entre otros, ayudando a identificar problemas. Y con esto ha prevenir daños futuros, además se aportará con propuestas para la realización de mejoras en los sensores de temperatura en aplicaciones automotrices. Dentro de un automotor el sensor ECT es el único que realiza la medición de la temperatura, por lo que con el estudio de investigación se buscará optimizar la precisión y confiabilidad del sensor de temperatura para una mayor efectividad, seguridad del motor e indirectamente contribuyendo con el medio ambiente por la reducción de contaminantes [6].

## **1.3. Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1. Objetivo General**

Predecir fallas basadas en la temperatura del líquido refrigerante de un motor de encendido provocado con la utilización de equipos de diagnóstico automotriz.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Adquirir datos de la temperatura de líquido refrigerante en diferentes estados de funcionamiento.
- Desarrollar un modelo predictivo en base a datos históricos de temperatura para la predicción de fallas.
- Establecer umbrales de temperaturas consideradas normales y críticos.

- Validación del modelo

#### **1.4. Justificación**

Dentro de la ingeniería automotriz es muy importante el control del comportamiento de la temperatura del motor, para este estudio se lo realizará en un motor de encendido provocado, priorizando el rendimiento del motor con la seguridad del vehículo, mediante el uso de un equipo de diagnóstico basado en el sensor ECT se presentará como una herramienta indispensable para comprender y optimizar el funcionamiento térmico de los motores de combustión interna.

La temperatura del motor tiene un impacto directo en su rendimiento y eficiencia, un motor que funciona a una temperatura óptima puede aprovechar de manera más efectiva la energía del combustible, lo que se traduce en un mejor rendimiento y una mayor economía de combustible. Por otro lado, un motor que opera a temperaturas demasiado altas o bajas puede experimentar pérdida de potencia, aumento del desgaste de los componentes y deterioro prematuro de las piezas, lo que afecta negativamente su rendimiento y durabilidad [2].

El monitoreo continuo de la temperatura del motor es esencial para garantizar su fiabilidad y durabilidad a largo plazo, las temperaturas extremas pueden causar daños significativos a los componentes internos del motor, como el bloque del motor, las culatas, los pistones y los cilindros. Un equipo de diagnóstico basado en el sensor ECT proporciona datos precisos y en tiempo real sobre la temperatura del refrigerante del motor, lo que permitiría detectar y corregir de manera proactiva cualquier anomalía térmica que pueda comprometer la integridad estructural y el funcionamiento del motor [5].

#### **1.5. Alcance**

En la presente investigación se analizará la temperatura del líquido refrigerante en base al sensor ECT en un motor de encendido provocado para detectar fallas en su funcionamiento. Para esto se simulará fallas en el sistema de inyección y sistema de admisión de aire, estos sistemas tienen interacción directa con la combustión del motor que es donde se genera la temperatura y el trabajo del motor. Con los datos obtenidos (datos históricos) en las simulaciones se procederá a realizar el modelo predictivo (aprendizaje autónomo) donde se realizará un análisis estadístico y posteriormente se ejecutará un árbol de decisiones para la aplicación del aprendizaje. El estudio se llevará

a cabo en un vehículo que cumpla con la funcionalidad para realizar las pruebas en el motor de encendido provocado. Además, las pruebas se realizan en un entorno controlado y con el vehículo estático para garantizar la precisión de los resultados y minimizar las interferencias externas. Centrándose exclusivamente en el comportamiento de la temperatura del motor de encendido provocado y su diagnóstico utilizando un equipo de diagnóstico basado en el sensor ECT.

El alcance del estudio no incluirá pruebas en condiciones reales de conducción. Todas las pruebas se llevarán a cabo en un entorno controlado y con el vehículo estático y sin cargas de trabajo. Además, se considerarán las variables ambientales y operativas que puedan influir en las lecturas del sensor ECT.

## CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL

### 2.1. Marco Teórico

#### 2.1.1 Funcionamiento del Motor de Encendido Provocado

Los motores de encendido provocado o por chispa, conocidos también como motores de ciclo Otto, operan gracias a la ignición de la mezcla de aire y combustible mediante una chispa generada por la bujía al final de la fase de compresión [7]. El ciclo de cuatro tiempos comprende las etapas de admisión, donde entra la mezcla de aire y combustible; compresión, que consiste en reducir el volumen de dicha mezcla; combustión y expansión, momento en que se genera trabajo tras la ignición; y finalmente, el escape, que expulsa los gases quemados. Para alcanzar un rendimiento óptimo, es fundamental que estas fases estén perfectamente sincronizadas, que la proporción aire-combustible y de la misma manera se consideran factores como el avance de encendido, la relación de compresión y el octanaje del combustible como se observa en la figura 2.1.

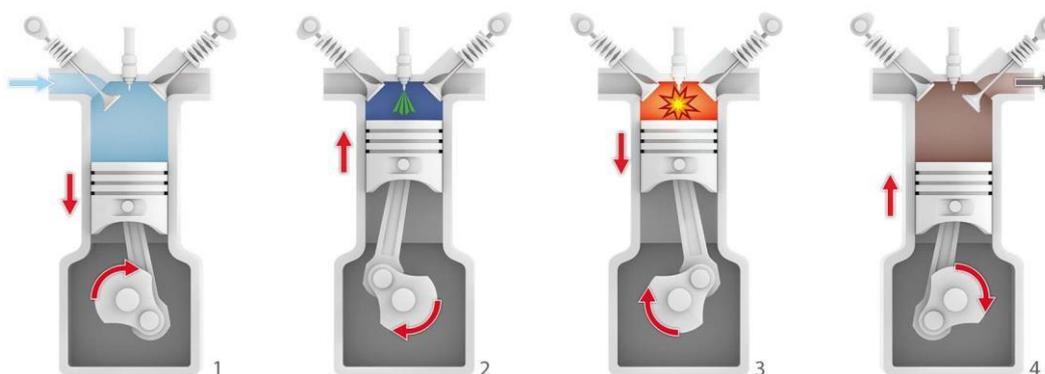


Fig. 2.1. Ciclo Otto [8].

#### 2.1.2 Factores que influyen en la temperatura de operación

La temperatura a la que operan los motores de combustión interna está influenciada por diversos factores interrelacionados que afectan el equilibrio térmico [9]. Entre estos se encuentran la carga y velocidad de funcionamiento, la mezcla aire-combustible, la eficacia del sistema de enfriamiento, el diseño de la cámara de combustión, el avance del encendido, las condiciones ambientales, el estado mecánico del motor y la calidad de la lubricación. Controlar estos aspectos para mantener una temperatura óptima entre 85 y 105 °C es fundamental para mejorar la eficiencia térmica, disminuir las emisiones contaminantes y prolongar la vida útil de las piezas del motor.

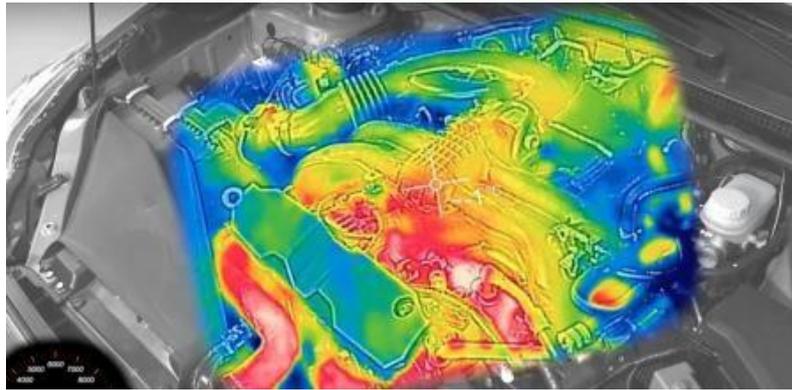


Fig. 2.2. Temperatura de operación del motor [10].

### 2.1.3 Sistema de enfriamiento del motor

El sistema de enfriamiento del motor juega un papel crucial en el mantenimiento de la temperatura óptima de funcionamiento, evitando el sobrecalentamiento que puede resultar en daños y en una disminución de la eficiencia. Este sistema está compuesto principalmente por la bomba de agua, que se encarga de impulsar el líquido refrigerante a través de los conductos del bloque y la culata del motor; el radiador, responsable de disipar el calor absorbido hacia el aire ambiente; el termostato, que regula la circulación del refrigerante para asegurar que la temperatura se mantenga en un nivel adecuado; y el ventilador, que incrementa el flujo de aire cuando es necesario. Juntos, estos componentes garantizan que el motor opere dentro de un rango térmico seguro, lo que no solo mejora su rendimiento, sino que también prolonga su vida útil. [11].

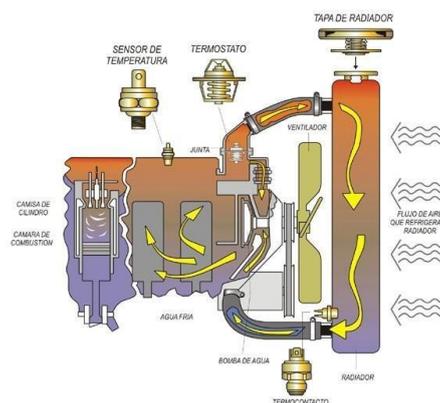


Fig. 2.3. Sistema de enfriamiento del motor [12].

### 2.1.4 Componentes del sistema de Refrigeración del Motor

La figura 2.4 muestra los componentes fundamentales del sistema de refrigeración en un vehículo a gasolina, los cuales trabajan de forma coordinada para asegurar una eficaz

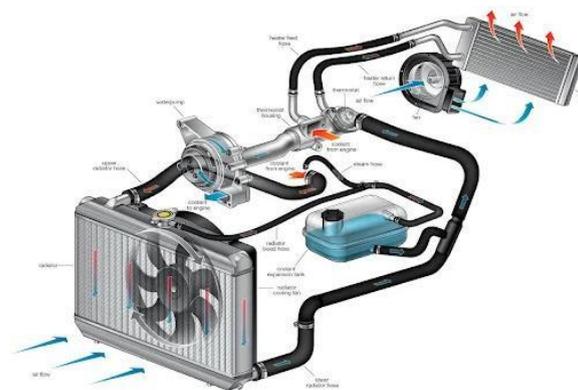
disipación del calor, protegiendo al motor de posibles daños provocados por el sobrecalentamiento. [11].



**Fig. 2.4. Componentes del sistema de Refrigeración del Motor [11].**

### 2.1.5 Flujo del refrigerante y su influencia en el control térmico

En la figura 2.5 muestra el flujo del refrigerante en motores de combustión interna es fundamental para el control térmico, ya que transporta el calor desde las zonas más calientes del motor hacia el radiador para su disipación. La velocidad y distribución del flujo, reguladas por la bomba de agua y el termostato, son clave para evitar puntos calientes y mantener temperaturas adecuadas que aseguren una lubricación óptima. La eficiencia del sistema depende de factores hidrodinámicos como el caudal, la presión, la geometría de los conductos y las propiedades del refrigerante. Los diseños modernos buscan optimizar estos aspectos para mejorar la eficiencia térmica y reducir las emisiones contaminantes[13].



**Fig. 2.5. Flujo del refrigerante en motores de combustión interna [14].**

### 2.1.6 Relación entre el sistema de enfriamiento y la eficiencia del motor

Según [15] “la temperatura del motor influye significativamente en la eficiencia térmica del ciclo, y un sistema de enfriamiento bien diseñado ayuda a maximizar la conversión de energía química en trabajo útil”. El sistema de enfriamiento es crucial para la eficiencia térmica de los motores de gasolina, ya que mantiene la temperatura del motor en un rango ideal. Esto favorece una combustión completa como indica a figura 2.6, disminuye el desgaste y reduce las pérdidas por fricción y detonación. Si el motor funciona a una temperatura demasiado baja, la mezcla de aire y combustible será rica y la combustión incompleta, lo que aumentará el consumo de combustible y las emisiones contaminantes. Por el contrario, si el motor se sobrecalienta, puede sufrir deformaciones en sus componentes principales y perder potencia.



Fig. 2.6. Eficiencia térmica en motores gasolina [16].

### 2.1.7 Sensor de Temperatura del motor ECT

En la figura 2.7 muestra el sensor de temperatura del motor ECT, por sus siglas en inglés (Engine Coolant Temperature) constituye un componente esencial que se encarga de medir la temperatura del líquido refrigerante. Esta medición permite a la unidad de control del motor (ECU) realizar ajustes en parámetros críticos, tales como la relación aire-combustible y el tiempo de encendido, garantizando así un funcionamiento óptimo y evitando el sobrecalentamiento del motor[17].

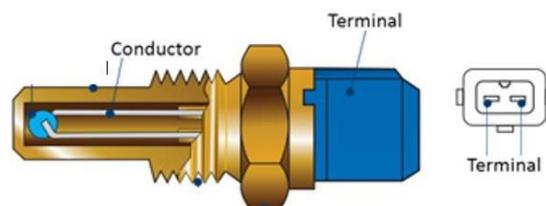


Fig. 2.7. Sensor de Temperatura del motor ECT [18].

### 2.1.8 Ubicación y funcionamiento del sensor ECT

El Sensor de Temperatura del Refrigerante del Motor (ECT) suele estar ubicado en el bloque del motor o en la culata, en una zona donde tiene contacto directo con el refrigerante, normalmente cerca del termostato o en el conducto de salida del refrigerante como indica a figura 2.8. Este sensor utiliza un termistor NTC, cuya resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura. La Unidad de Control Electrónico (ECU) detecta estas variaciones de resistencia como cambios en el voltaje, lo que le permite ajustar de manera precisa la proporción aire-combustible, el momento del encendido y la operación del ventilador de enfriamiento, dependiendo de la temperatura del motor. Esto es fundamental para mejorar el desempeño, reducir las emisiones y evitar daños causados por el sobrecalentamiento [19].

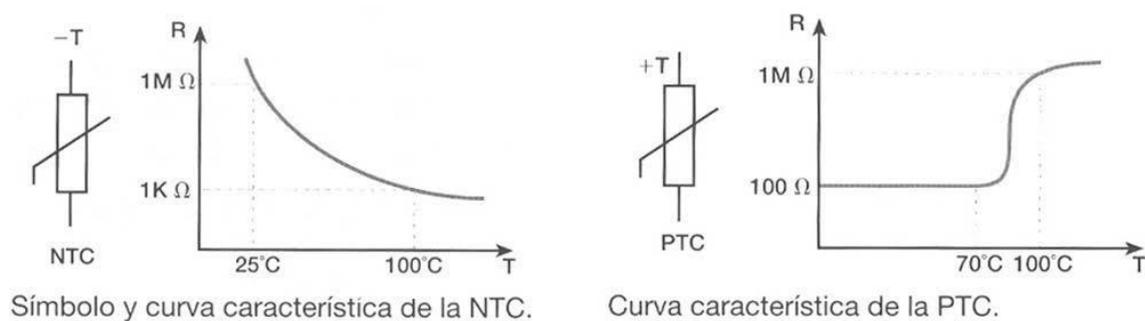


Fig. 2.8. Ubicación del sensor ECT en el motor referencia [20].

### 2.1.9 Tipos de termistores NTC/PTC

El sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT) funciona principalmente con termistores, que son dispositivos semiconductores cuya resistencia cambia de forma predecible según la temperatura. En la mayoría de los sensores ECT actuales se utilizan termistores de coeficiente negativo (NTC), donde la resistencia baja al aumentar la temperatura, aunque en algunos casos se emplean termistores de coeficiente positivo (PTC), cuya resistencia crece con la temperatura como se muestra en a figura 2.9. Los termistores NTC son preferidos en automóviles porque ofrecen una respuesta más lineal y una mayor sensibilidad dentro del rango típico de funcionamiento del motor, que va de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $130^{\circ}\text{C}$ . Esto permite que la ECU interprete con precisión la temperatura del motor

y ajuste de manera óptima la inyección de combustible, el tiempo de encendido y el control del sistema de enfriamiento. Estos termistores suelen estar hechos de óxidos metálicos semiconductores como manganeso, cobalto, cobre y níquel, y se encapsulan en materiales resistentes a altas temperaturas y vibraciones para soportar las condiciones exigentes del compartimento del motor[21].



**Fig. 2.9. Tipos de termistores NTC/PTC [22].**

#### **2.1.10 Importancia del sensor ECT en la estrategia de inyección electrónica**

El sensor ECT juega un papel fundamental en los sistemas de inyección electrónica al suministrar a la ECU información precisa sobre la temperatura del motor. Durante los arranques en frío, la ECU utiliza estos datos para enriquecer la mezcla de aire y combustible, aumentando el tiempo de inyección para compensar la baja evaporación. Conforme el motor alcanza su temperatura de operación, la ECU ajusta progresivamente la mezcla hacia la proporción ideal estequiométrica de 14.7:1. Además, el sensor ECT influye en el avance del encendido, el control del ralentí, los sistemas de recirculación de gases (EGR), la gestión de emisiones y la activación del ventilador de refrigeración. Su correcto funcionamiento es vital para cumplir con las normativas ambientales, mejorar el consumo de combustible y proteger el motor de posibles daños térmicos[23].

#### **2.1.11 Señales generadas y su interpretación por la ECU.**

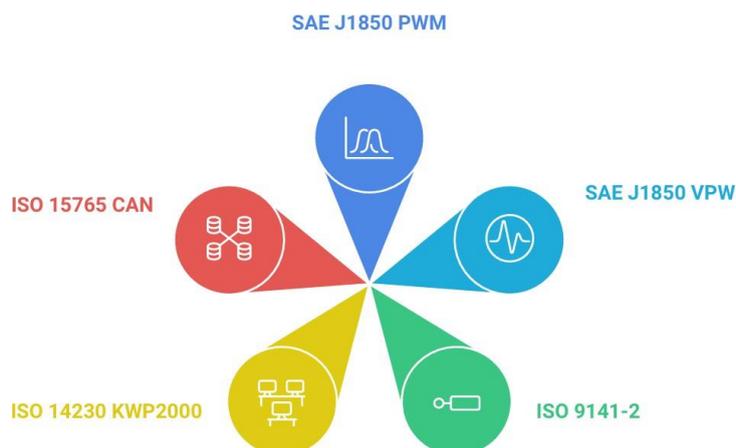
La tabla 2.1 enseña de manera detallada cómo la Unidad de Control del Motor (ECU) interpreta las fluctuaciones de voltaje generadas por el termistor NTC del sensor de Temperatura del Refrigerante del Motor (ECT), así como su función en el ajuste de los parámetros de inyección y encendido con el propósito de optimizar el rendimiento y salvaguardar el motor [24].

**Tabla 2.1. Fluctuaciones de voltaje generadas por el sensor ECT [24].**

Temperatura del Refrigerante (°C)	Voltaje de Señal (V)	Interpretación por la ECU	Acción de la ECU
Baja (~0 - 20)	Alta (4.5 - 5 V)	Motor frío, alta resistencia del termistor	Enriquecimiento de la mezcla de combustible para facilitar arranque
Media (~40 - 80)	Media (2 - 3 V)	Temperatura normal de operación	Mezcla aire-combustible balanceada para eficiencia y emisiones óptimas
Alta (~90 - 110)	Baja (<1 V)	Motor caliente, baja resistencia del termistor	Mezcla más pobre para ahorro de combustible y menor emisión de gases
Muy alta (>110)	Muy baja (<0.5 V)	Sobrecalentamiento o falla del sensor	Activación de ventiladores, posible modo de protección del motor
Sensor desconectado o falla	Voltaje fijo (5 V o 0 V)	Señal errática o ausente	Activación de código de fallo, modo de emergencia, posible reducción de potencia

### 2.1.12 Protocolos de comunicación OBD-II y EOBD

OBD-II y EOBD son estándares internacionales de diagnóstico que permiten la comunicación entre los sistemas electrónicos del vehículo y los dispositivos de diagnóstico. OBD-II es obligatorio en Estados Unidos desde 1996, mientras que su equivalente europeo, EOBD, se implementó desde 2001. Ambos estándares emplean cinco protocolos principales como se observa en la figura 2.10:



**Fig. 2.10. Protocolos de comunicación OBD-II y EOBD**

Estos protocolos definen aspectos como la estructura de los datos, la velocidad de transmisión, las secuencias de inicio, los códigos de diagnóstico y los modos operativos, permitiendo el monitoreo en tiempo real de los sistemas del vehículo. Esto facilita la detección temprana de fallas, contribuye a la reducción de emisiones y asegura el cumplimiento de normativas ambientales a nivel mundial [25].

### 2.1.13 Interpretación de Códigos de Falla Relacionados al Sensor ECT

A continuación, se presenta en la tabla 2.2 la interpretación de códigos de falla relacionados al sensor ECT

**Tabla 2.2. Interpretación de Códigos de Falla Relacionados al Sensor ECT [26]**

Código OBD-II	Descripción del Código	Causa Común	Síntomas Asociados	Acción Recomendada
P0115	Circuito del sensor ECT - rango/rendimiento incorrecto	Sensor defectuoso o cableado dañado	Aumento del consumo de combustible, marcha irregular	Revisar resistencia del sensor y conexiones eléctricas
P0116	Rango de funcionamiento del sensor ECT fuera de parámetros	Sensor lento o termostato defectuoso	Prolongado tiempo de calentamiento, ralentí inestable	Verificar respuesta térmica del sensor y el termostato

---

P0117	Entrada baja del sensor ECT (circuito en corto)	Cortocircuito a tierra, sensor dañado	Activación del ventilador de forma constante, arranque difícil	Inspeccionar cortos en el cableado
P0118	Entrada alta del sensor ECT (circuito abierto)	Cableado abierto, conector suelto	Mezcla rica, sobrecalentamiento, testigo de motor encendido	Reparar o reemplazar conector o sensor
P0125	Tiempo de calentamiento del motor insuficiente	Termostato atascado abierto, sensor ECT desajustado	Bajo rendimiento del motor, consumo excesivo de combustible	Revisar funcionamiento del termostato

---

#### 2.1.14 Bujías Automotrices

Las bujías son elementos fundamentales en el sistema de encendido de los motores de combustión interna, ya que su función principal es producir la chispa eléctrica que enciende la mezcla de aire y combustible en la cámara de combustión. Esta chispa inicia la combustión controlada que mueve el pistón y genera la energía mecánica que permite el funcionamiento del motor. Su estructura básica incluye un electrodo central, un aislante de cerámica y un electrodo de masa; además, la separación entre los electrodos, conocida como luz de bujía, debe ajustarse correctamente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante para asegurar un encendido eficiente como indica la figura 2.11 [27].

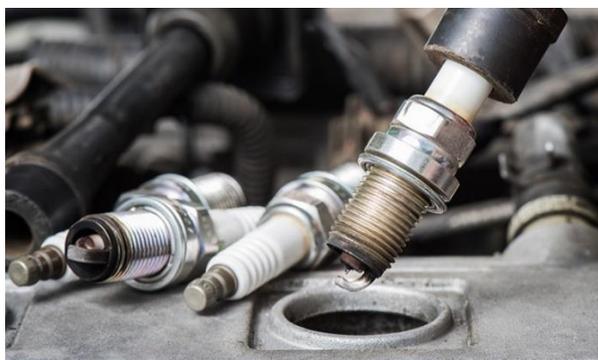


Fig. 2.11. Las bujías [28]

### 2.1.15 Inyectores Automotrices

En la figura 2.12 muestra los inyectores que son dispositivos electromecánicos clave en los sistemas modernos de inyección de combustible, encargados de pulverizar y suministrar con exactitud la cantidad necesaria de gasolina a la cámara de combustión según las demandas del motor en cada instante. Están formados por una bobina electromagnética, una válvula de aguja y orificios calibrados, y funcionan recibiendo señales eléctricas de la unidad de control del motor (ECU), que regulan el momento y la duración de su apertura. Esto permite optimizar la mezcla de aire y combustible, disminuir las emisiones contaminantes y aumentar la eficiencia energética en comparación con los sistemas de carburación tradicionales [9].



Fig. 2.12. Inyectores Automotrices [29].

### 2.1.16 Potenciómetro 10K $\Omega$

En la figura 2.13 muestra un potenciómetro 10K $\Omega$  el cual es un sensor resistivo variable muy común en los sistemas automotrices actuales, que actúa como un divisor de voltaje para convertir movimientos mecánicos en señales eléctricas que la unidad de control electrónico (ECU) puede interpretar. En motores a gasolina, este tipo de sensor es fundamental en dispositivos como el sensor de posición del acelerador (TPS), el sensor de la mariposa de admisión, el control del ralentí y los sistemas de gestión de emisiones. Su resistencia variable de 10,000 ohmios permite medir con precisión el desplazamiento angular o lineal, lo que ayuda a la ECU a ajustar correctamente parámetros como el tiempo de inyección y el avance del encendido según las condiciones de operación del motor [30].

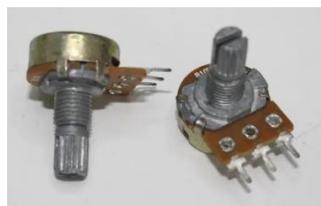


Fig. 2.13. Potenciómetro 10K $\Omega$  [31].

### 2.1.17 LabVIEW

En la figura 2.14 se observa el logo de LabVIEW (Banco de trabajo de ingeniería de instrumentos virtuales de laboratorio) es una herramienta de programación gráfica desarrollada por Instrumentos nacionales que permite construir sistemas para la recolección de datos, control de procesos y automatización mediante el uso de diagramas de bloques, en lugar de códigos escritos en lenguajes tradicionales. A lo largo de más de treinta años, se ha consolidado como una solución clave en el ámbito de la ingeniería, siendo ampliamente utilizada en áreas como la automatización industrial, las pruebas electrónicas y los sistemas embebidos. Su diseño visual y la capacidad de integrarse fácilmente con hardware especializado hacen que el desarrollo de interfaces y aplicaciones complejas sea más accesible. Como señalan [32]. LabVIEW ofrece un entorno versátil y potente que simplifica el desarrollo de soluciones técnicas, representando una opción eficaz para ingenieros y científicos que buscan combinar precisión y productividad.



Fig. 2.14. Logotipo de LabVIEW [33].

### 2.1.18 Matlab

En la figura 2.15 se observa el logo de Matlab (Laboratorio Matrix) es un entorno de programación y cálculo técnico de alto nivel creado por MathWorks, reconocido como una herramienta fundamental para el análisis numérico, visualización de datos y desarrollo de algoritmos en ingeniería, ciencias y matemáticas aplicadas; proporciona una plataforma integrada con potentes capacidades de cálculo matricial, procesamiento de señales, análisis estadístico y modelado matemático, permitiendo a investigadores e ingenieros resolver problemas complejos mediante la implementación de algoritmos avanzados, incluyendo simulaciones de sistemas dinámicos e inteligencia artificial. Destaca por su sintaxis intuitiva orientada a matrices, su extensa colección de cajas de herramientas especializadas, y su capacidad para generar visualizaciones gráficas de alta

calidad, siendo esencial para prototipos rápidos, análisis experimental, desarrollo de sistemas de control, procesamiento de imágenes y señales, y validación de modelos matemáticos, extendiendo su utilidad desde la academia hasta sectores industriales críticos como el aeroespacial, automotriz, telecomunicaciones y biotecnología [34].



Fig. 2.15. Logotipo de Matlab [35]

## 2.2. Marco legal

A continuación, las normas y reglamentos que intervienen en la investigación.

### 2.2.1. Norma Internacional ISO 15031-5

La norma ISO 15031-5 integra los estándares que gobiernan los sistemas de diagnóstico OBD-II en vehículos ligeros, enfocándose en la codificación y estructura de los códigos de falla (DTC). Su objetivo principal es estandarizar la interpretación de estos códigos por fabricantes, técnicos y equipos de escaneo, lo que agiliza la detección y solución de anomalías en el motor o el control de emisiones. Esta estandarización no solo optimiza procesos de reparación, sino que también respalda el cumplimiento de normativas ambientales a nivel global. Desarrollada en colaboración con la SAE, la norma se armoniza con la especificación SAE J2012, permitiendo su adopción internacional y asegurando que vehículos compatibles con OBD-II puedan ser evaluados con herramientas genéricas o especializadas. Esto fomenta la interoperabilidad entre sistemas y eleva la eficiencia en el mantenimiento automotriz (SAE International, 2021) [36].

### 2.2.2. Reglamento UN/ECE R83 (Unión Europea)

El Reglamento UN/ECE R83, emitido por la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), establece normas uniformes para la homologación de vehículos en relación con las emisiones contaminantes, considerando los requisitos técnicos específicos según el tipo de combustible utilizado, como gasolina, diésel, GLP o gas natural/biometano. Esta regulación, vigente desde el 29 de diciembre de 2018 con su suplemento 7 de la serie 07 de enmiendas, fija límites para las emisiones de escape,

evaporación y del cárter, además de establecer criterios para la durabilidad de los dispositivos anticontaminantes y los sistemas de diagnóstico a bordo (OBD). Aplica a vehículos de las categorías M1, M2, N1 y N2 con una masa máxima de referencia de hasta 2.610 kg, e incluye procedimientos de ensayo para asegurar que los vehículos mantengan el cumplimiento ambiental durante toda su vida útil, prohibiendo expresamente el uso de dispositivos que alteren o manipulen los sistemas de control de emisiones[37].

## **CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Enfoque y Tipo de Investigación**

#### **3.1.1 Tipo de Investigación**

Este estudio corresponde a una investigación de tipo aplicada con enfoque experimental, cuyo objetivo principal es analizar el comportamiento térmico del motor del vehículo Chevrolet Aveo Evolution 1.6 cc, mediante mediciones precisas de la temperatura del refrigerante. Para ello, se empleó un equipo de diagnóstico automotriz basado en la lectura del sensor de temperatura del refrigerante (ECT). La investigación se desarrolló a través de experimentos controlados, donde se modificaron intencionalmente ciertas condiciones de operación del motor, tales como la inyección de combustible, el encendido (tiempo de chispa de la bujía) y la variación del voltaje del sensor ECT. Estas variables fueron monitoreadas y registradas con el fin de evaluar su influencia directa en las variaciones térmicas del motor durante su ciclo operativo.

#### **3.1.2. Enfoque Cuantitativo**

La presente investigación se enmarcó dentro de un estudio experimental aplicado con enfoque cuantitativo y descriptivo, orientado a analizar el comportamiento de la temperatura del motor de encendido provocado del vehículo Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc, utilizando equipos de diagnóstico basado en el sensor de temperatura del líquido refrigerante (ECT).

### **3.2. Introducción**

El buen funcionamiento del sistema de refrigeración resulta fundamental para asegurar tanto la eficiencia operativa como la longevidad de los motores actuales, entre los cuales se destaca el Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc, reconocido por su rendimiento equilibrado y su bajo consumo de combustible. Este modelo cuenta con un sistema integrado de sensores y actuadores, destacándose el sensor ECT y el módulo de control del motor (ECM), que trabajan en conjunto para supervisar y ajustar con precisión la temperatura del refrigerante. El análisis experimental que se presentó en la investigación se enfoca en estudiar el comportamiento térmico del motor, empleando equipos de diagnóstico avanzados, como el escáner Launch X431 Pro GT, y dispositivos auxiliares como el potenciómetro de 10K para la simulación de fallos.

El trabajo desarrollado contempla desde la explicación técnica de los elementos que conforman el sistema de refrigeración hasta el análisis de las interconexiones electrónicas

y la circulación de información entre sensores y unidades de control. Asimismo, se recrean situaciones anómalas, como fallas en bujías, inyectores y el propio sensor ECT, con el objetivo de valorar cómo afectan la estabilidad térmica y el desempeño del motor. Además, se especificaron los protocolos de diagnóstico, la metodología experimental y las medidas de seguridad necesarias para obtener resultados fiables.

De manera innovadora, el estudio integró técnicas de aprendizaje automático (Machine Learning) para analizar las señales térmicas, lo que posibilita la identificación temprana de posibles fallos y una estimación más exacta de la vida útil del motor. A través del empleo de modelos de aprendizaje supervisado y programas especializados como LabVIEW y MATLAB, se identifican los atributos más relevantes y se construyen modelos predictivos, optimizando así el mantenimiento preventivo y facilitando la toma de decisiones basadas en datos.

### **3.3. Materiales**

La propuesta planteada se fundamenta en métodos de diagnóstico automotriz actuales, empleando equipos especializados para la medición precisa de la temperatura del líquido refrigerante. Para ello, se utilizaron sistemas de diagnóstico basado en la lectura del sensor de temperatura del refrigerante (ECT), que permitieron obtener datos en tiempo real y con alta precisión sobre el comportamiento térmico del motor.

#### **3.3.1 Automóvil Aveo Emotion 1.6 cc**

En la Figura 3.1 se presentó el Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc, un vehículo diseñado para ofrecer un equilibrio óptimo entre rendimiento, eficiencia y confort en el segmento de sedanes compactos. Equipado con un motor de 4 cilindros en línea, 1.6 litros DOHC y 16 válvulas, que entrega una potencia máxima de aproximadamente 103 HP a 6000 rpm y un torque de 144 Nm a 3600 rpm, el Aveo Emotion se posiciona como una opción confiable para el transporte urbano y carretera. Este motor cuenta con un sistema de inyección electrónica multipunto que optimiza la combustión y reduce el consumo de combustible, además de una transmisión manual de 5 velocidades que facilita un manejo ágil y eficiente. El diseño del motor y sus componentes están orientados a maximizar la durabilidad y el ahorro de combustible, adaptándose a las necesidades de los usuarios que buscan un vehículo práctico y económico [38].



**Fig. 3.1. Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc.**

La tabla 3.1 presenta la ficha técnica del vehículo Aveo Emotion, que será objeto de nuestra investigación.

**Tabla 3.1. Ficha técnica del Vehículo Aveo Emotion 1.6 cc [38].**

Ficha Técnica Aveo Emotion 1.6 cc.	
Motor	4 cilindros, DOHC, 16 válvulas
Cilindrada	1.598 c.c.
Potencia	103 HP/6.000 rpm
Torque	145.79/3.600 rpm
Índice de Compresión	9.5 a 1
Alimentación	Inyección multipunto

### 3.3.2 Diagrama electrónico del vehículo Chevrolet Aveo Emotion

En la tabla 3.1 indica el diagrama electrónico del Chevrolet Aveo Emotion ofrece una representación detallada de la estructura computarizada de control del vehículo, mostrando cómo se conectan sensores como el de oxígeno, el de posición del cigüeñal y el de temperatura del refrigerante, junto con actuadores como inyectores, bobinas de encendido y válvulas de control, y las diversas unidades electrónicas de control (ECU, BCM y TCM). Este esquema permite entender el flujo de datos digitales que regulan parámetros esenciales como la mezcla de aire y combustible, el tiempo de encendido y la gestión de emisiones, aspectos clave para realizar diagnósticos avanzados y solucionar problemas en los sistemas de inyección electrónica multipunto que caracterizan a este modelo [21].

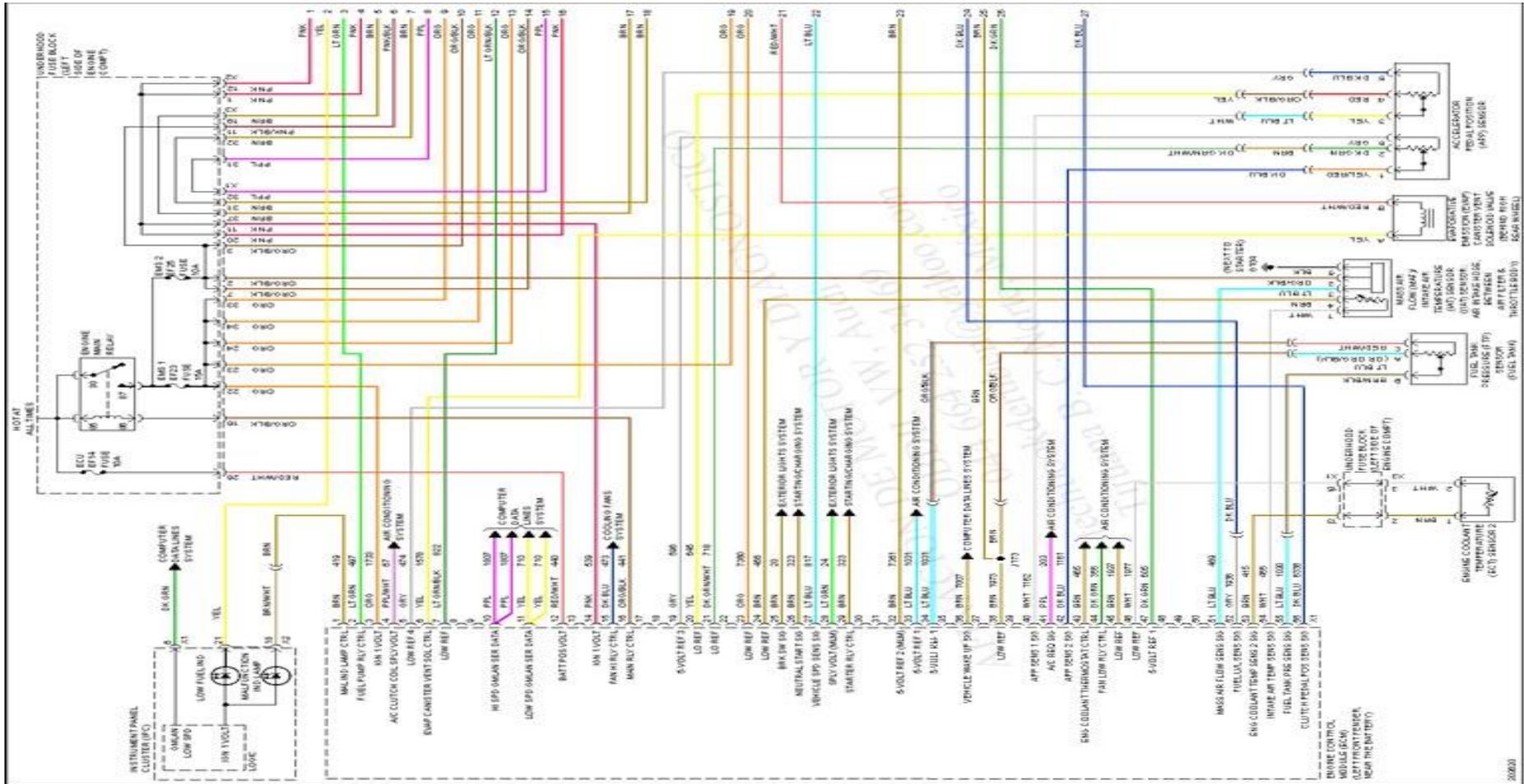


Fig. 3.2. Diagrama electrónico del vehículo Chevrolet Aveo Emotion [39].

### 3.3.3 Diagrama electrónico del sistema de refrigeración Chevrolet Aveo Emotion

En la tabla 3.3, se muestra el diagrama electrónico del sistema de refrigeración del Chevrolet Aveo Emotion muestra cómo interactúan los componentes electrónicos clave, como el sensor de temperatura del refrigerante (ECT), el módulo de control del motor (ECM), el electroventilador y el termostato electrónico. Este esquema detalla las conexiones eléctricas y las señales que permiten un monitoreo constante de la temperatura del motor, activando los sistemas de enfriamiento al alcanzar ciertos niveles establecidos. Gracias a este sistema inteligente, se regula de manera precisa el flujo del refrigerante y la velocidad del ventilador según las condiciones de operación, lo que optimiza la eficiencia térmica del motor, mejora el consumo de combustible y reduce las emisiones contaminantes durante el calentamiento del motor [40].

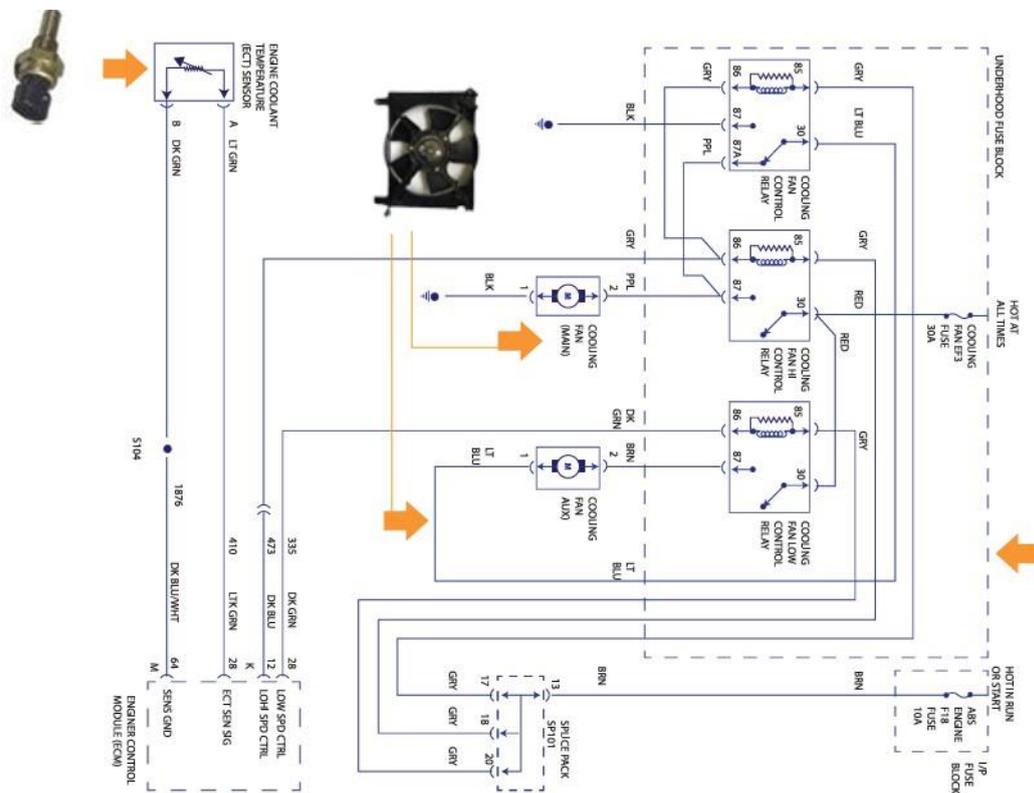


Fig. 3.3. Diagrama electrónico del sistema de refrigeración [35].

### 3.3.4 Especificaciones Técnicas del Sistema de Refrigeración

En la tabla 3.1 muestra las especificaciones técnicas del sistema de refrigeración del vehículo Aveo Emotion 1.6 cc.

**Tabla 3.1. Especificaciones Técnicas del Sistema de Refrigeración [41].**

ESPECIFICACIONES			
Especificaciones del sistema de refrigeración			
Aplicación	Descripción	Unidad	Estándar
Sistema de enfriamiento	Tipo de refrigeración	-	El agua de refrigeración forzada
Refrigerante	Tipo	-	Refrigerante basado en silicato
	Capacidad	L	6,0 (4,2: 1,2 SOHC)
Termostato	Tipo	-	Cera Pelle
	Temperatura: (Abierto inicialmente)	° C (° F)	87 ° C (189 ° F)
	Temperatura (completamente abierta)	° C (° F)	102 ° C (216 ° F)
	Temperatura (completamente cerrado)	° C (° F)	82 ° C (180 ° F)
	Carrera (completamente abierta)	mm (pulgadas)	7 (0,28): SOHC 7 - 10 (0,28 -0,39):DOHC
Ventilador de refrigeración	Cerca de la temperatura a baja velocidad	° C (° F)	93 (199.4)
	Temperatura apagado a baja velocidad	° C (° F)	90.75 (195.35): 1.2 SOHC, 90 (194)
	Cerca de la temperatura a alta velocidad	° C (° F)	96.75 (206.15): 1.2 SOHC, 97 (206.6)
	Temperatura a gran velocidad	° C (° F)	94,5 (202,1): 1.2 SOHC, 94 (201.2)

### 3.3.5 Programa de Mantenimiento de Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc.

Los procedimientos normales de mantenimiento del Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc son esenciales para garantizar que el vehículo se mantenga en óptimas condiciones de funcionamiento y con la máxima eficiencia. El mantenimiento periódico, organizado en la Tabla 3.2, establece un plan sistemático basado en el kilometraje registrado en el odómetro del vehículo, permitiendo realizar las revisiones y servicios necesarios en los intervalos adecuados.

**Tabla 3.2. Programa de mantenimiento de Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc [20].**

Intervalo de Mantenimiento	Kilómetros (milla s) o tiempo en meses, lo que ocurra primero									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Kilometraje multiplicado 1000	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Meses	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
<p>I. Inspeccione estos ítems y las partes relacionadas. De ser necesario corrija, limpie, complete ajuste o reemplace.</p> <p>R. Reemplace o cambie.</p>										
<b>PUNTO DE MANTENIMIENTO</b>										
Sistema de control del motor										
Banda impulsora (Alternador, dirección hidráulica, compresor del aire acondicionado)			I			I			I	
Aceite de motor y filtro de aceite	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Manguera y conexiones del sistema de refrigeración	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Filtro de combustible				R				R		
Línea y conexiones de combustible		I		I		I		I		I
Elemento del filtro de aire	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I
Bujías		I	R		I	R		I	R	
Cables de bujías	Reemplazar cada 96,000 kms									
Depósito de evaporación y líneas de vapor				I				I		
Sistema de ventilación del cárter			I			I			I	
Cadena de tiempo			I			R			I	
Luz de válvulas	Ajuste cada 160,000 km (100,000 millas)									

### 3.4. Equipos de Obtención de Datos

#### 3.4.1. Escáner Automotriz

En la figura 3.2 muestra el escáner automotriz launch x431 pro GT es una herramienta de diagnóstico avanzada diseñada para brindar soporte integral en la identificación y solución de fallas en vehículos. Cuenta con una pantalla táctil de 8 pulgadas y un panel de botones para acceso rápido, ofreciendo una interfaz intuitiva y robusta. Está equipado con un procesador de alta velocidad y una memoria interna de 32 GB, ampliable mediante almacenamiento externo, lo que garantiza un rendimiento fluido y capacidad para manejar grandes volúmenes de datos.

Este equipo soporta diagnóstico inteligente y tradicional, cubriendo más de 100 fabricantes mundiales, y es capaz de identificar automáticamente el número de identificación del vehículo (VIN) para facilitar la selección del modelo y acelerar el proceso de diagnóstico. Entre sus funciones especiales destacan la codificación de inyectores, reseteo de pastillas de freno, restablecimiento del ángulo de dirección, regeneración de filtro de partículas diésel (DPF), aprendizaje de engranajes, combinación de baterías, funciones antirrobo, ajuste del acelerador, y sangrado del sistema ABS, entre otras [42].



**Fig. 3.4.** Escáner Automotriz Launch x431 Pro GT [42].

En la tabla 3.3, se muestra la ficha técnica de escáner LAUNCH X431 PRO GT, en la que características más utilizadas para comprobar los niveles de tensión, especialmente en sistemas eléctricos y mecánicos, para asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas e identificar problemas potenciales.

**Tabla 3.3. Descripción general del Escáner Automotriz Launch x431 Pro GT [43].**

Ficha Técnica – LAUNCH X431 PRO GT	
Características Generales	Pantalla: Táctil de 8 pulgadas
	Sistema Operativo: Android
	Procesador: De alta velocidad (superior al modelo PRO3)
	Memoria Interna: 32 GB, ampliable hasta 128 GB
	Conectividad: Wi-Fi y Bluetooth
	Idioma: español
	Actualizaciones: 3 años gratuitas vía Wi-Fi
Funciones de Diagnóstico	Cobertura: Más de 135 marcas de vehículos a nivel mundial
	Compatibilidad: Vehículos gasolina y diésel de 12V
	Lectura y borrado de códigos de falla: Incluye descripción en español y sistema de ayuda
	Lectura de datos en vivo: Con graficaciones de sensores
	Pruebas de actuadores avanzadas
	Programación:
	Cuerpos de aceleración
	Inyectores
	Valores adaptativos
	Acceso a programación online: Especialmente para el grupo VAG
Cobertura de protocolos: OBD2, EOBD, JOBD, CANBUS y OBD1	
Test inteligente: Evaluación del estado general del vehículo	
Grabación y reproducción de datos congelados	

### 3.4.2. Multímetro Automotriz Fluke 88V Deluxe

En la figura 3.3 indica el multímetro automotriz Fluke 88V Deluxe es una herramienta avanzada diseñada específicamente para el diagnóstico y solución de problemas en vehículos. Este equipo ofrece funciones mejoradas de medición y precisión, incluyendo la capacidad de medir voltaje, corriente, resistencia, continuidad, pruebas de diodos y mediciones de ancho de pulso con resolución en milisegundos, ideal para el análisis de inyectores de combustible. Además, puede medir corrientes de hasta 10 A de forma continua y hasta 20 A durante 30 segundos, soportando entornos de alta energía propios de vehículos modernos. Su pantalla grande con retroiluminación y su correa magnética

opcional facilitan su uso en condiciones adversas. El Fluke 88V es reconocido como uno de los multímetros automotrices más potentes y versátiles del mercado, ofreciendo funciones especializadas para mecánicos y técnicos automotrices [44].



**Fig. 3.5. Multímetro Automotriz Fluke 88V Deluxe [44].**

En la tabla 3.4 muestra las características más utilizadas para comprobar los niveles de tensión, especialmente en sistemas eléctricos y mecánicos, para asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas e identificar problemas potenciales.

**Tabla 3.4. Características del Multímetro Automotriz Fluke 88V Deluxe [45].**

Especificaciones Técnicas		
VCC	Voltaje máximo	1000 V
	Precisión	$\pm(0.1 \% + 1)$
	Máxima resolución	0.01 mV
Corriente de CC	Corriente máxima	10:00 a. m.
	Precisión en corriente	$\pm(0.4 \% + 2)$
	Máxima resolución	0.001 mA
Resistencia	Resistencia máxima	SO MO
	Precisión	$\pm(0.4 \% + 1)$
	Máxima resolución	0.1
Medición de la temperatura	-200.0·c - 1090·c -328.0 °F a 1994.0 °F, 1.0% excluida la sonda	
Sonda de temperatura 80 BK	-40 °C a 260 °C -40 °F a 500 °F, 2.2 0 2 %, lo que sea mayor	

### 3.4.3. Potenciómetro 10K

Según [46]. Un potenciómetro es un dispositivo que permite transformar una posición mecánica en una señal eléctrica variable, fundamental para la medición precisa y el control en sistemas electrónicos de automoción en la tabla 3.5, indica las características técnicas del potenciómetro 10 K en la figura 3.4 se muestra su diseño.

**Tabla 3.5. Características del Potenciómetro de 10 K [47].**

Característica	Descripción
Resistencia máxima	10 k $\Omega$ (10.000 ohmios)
Tipo	Giratorio, con incremento lineal
Potencia nominal	0,5 vatios
Número de terminales	3 terminales
Ángulo de rotación	Aproximadamente 260°
Ciclo de vida útil	Hasta 100,000 rotaciones
Temperatura de operación	Entre -20 °C y +70 °C
Aplicaciones comunes	Control de posición, ajuste de señal analógica en sistemas electrónicos automotrices



**Fig. 3.6. Potenciómetro 10 K Preguntar [48].**

### **3.5. Métodos**

La presente investigación tiene un enfoque experimental y se centra en el análisis del comportamiento térmico del sistema de refrigeración del motor, con el propósito de predecir posibles fallas y aplicar acciones correctivas que permitan prolongar la vida útil del vehículo. En particular, el estudio se llevó a cabo en un Chevrolet Aveo Emotion, mediante la evaluación de las lecturas del sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT).

Para la adquisición de datos se utilizó el escáner automotriz launch x431 pro GT, el cual permitió la visualización en tiempo real de los parámetros entregados por el sensor ECT a la ECU. Adicionalmente, se empleó un multímetro automotriz Fluke 88V Deluxe, con el fin de verificar las señales de voltaje generadas por dicho sensor. El uso de un potenciómetro de 10k ohmios permitió simular variaciones en la señal de entrada, replicando diferentes condiciones térmicas del motor.

Estos instrumentos, combinados, posibilitan un análisis más profundo del estado operativo del sistema de refrigeración, aportando datos fundamentales para el diagnóstico preventivo de fallas relacionadas con el sobrecalentamiento o mal funcionamiento del sensor.

### **3.6. Fallas en el Sistema de Refrigeración de un Motor de Aveo Emotion**

En tabla 3.6, muestra un análisis detallado de las posibles causas de las fallas en el sistema de refrigeración del motor del Chevrolet Aveo Emotion que son comunes y pueden afectar significativamente el rendimiento y la durabilidad del vehículo. Entre los problemas más frecuentes se encuentran pérdidas de refrigerante por fugas en mangueras, radiador o tapa del depósito, así como fallas en el termostato y en los electroventiladores que regulan la temperatura del motor. Estas fallas pueden provocar sobrecalentamiento, consumo excesivo de anticongelante y funcionamiento irregular del motor. La correcta detección y mantenimiento del sistema de refrigeración, incluyendo la revisión del sensor de temperatura del refrigerante (ECT) y la purga adecuada del circuito, son fundamentales para evitar daños mayores y asegurar la eficiencia térmica del motor.

Tabla 3.6. Análisis de Fallas en el sistema de refrigeración [49]

Problema	Causa Posible	Diagnóstico
Lectura errática de temperatura	Conector contaminado con aceite o humedad	Verificar visualmente el conector y limpiar con limpiador electrónico
Indicador de temperatura no marca	Circuito entre ECM y sensor dañado	Medir voltaje de referencia (debe ser 5V)
Código P0118 (circuito de alta temperatura)	Cable de señal haciendo tierra o reventado	Comprobar continuidad y aislamiento del cableado
Sobrecalentamiento del motor	Sensor enviando señal incorrecta al ECM	Comparar lectura del escáner con temperatura real del motor
Aumento en consumo de combustible	Sensor ECT indica falsamente "motor frío"	Verificar enriquecimiento excesivo de mezcla con escáner
Humo negro del escape	Mezcla demasiado rica por señal incorrecta del sensor ECT	Analizar datos del sensor con motor frío y caliente
Funcionamiento inestable en ralentí	Ajuste incorrecto de mezcla por señal errónea del sensor ECT	Comprobar variación de resistencia (>200Ω entre frío/caliente)
ECU en modo de emergencia	Cortocircuito en el sensor o resistencia fuera de rango	Medir resistencia del sensor a diferentes temperaturas
Encendido del testigo Check Engine	Valores de temperatura fuera de rango normal	Obtener códigos de falla con escáner OBD-II
Falla intermitente de lectura	Mal contacto en terminal o conector sulfatado	Limpiar terminales y aplicar grasa dieléctrica

### 3.7. Simulación de Fallos y Procedimientos

#### 3.7.1 Bujías

Es importante destacar que la simulación de fallas en un motor constituye una herramienta valiosa para evaluar su comportamiento ante condiciones adversas. En este estudio, se utilizó una bujía en mal estado para simular una falla relacionada con el sistema de

refrigeración del motor del Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc, tal como se muestra en la Figura 3.7. La bujía es un componente fundamental en el funcionamiento del motor, ya que genera la chispa eléctrica necesaria para encender la mezcla de aire y combustible dentro de los cilindros, permitiendo así una combustión eficiente. Cuando la bujía presenta defectos, la intensidad y calidad de la chispa se ven afectadas, lo que conduce a una combustión incompleta o deficiente de la mezcla aire-combustible.

Esta situación puede desencadenar problemas como una combustión irregular, disminución del rendimiento del motor y fallas en el sistema de alimentación, afectando indirectamente el correcto funcionamiento del sistema de refrigeración debido a la generación inadecuada de calor y la posible sobrecarga térmica del motor.



**Fig. 3.7. Bujías en mal estado**

### **3.7.2. Inyectores**

Una técnica comúnmente empleada para simular fallas en el sistema de inyección de combustible. Al desconectar un inyector, se interrumpe el suministro de combustible hacia una o más cámaras de combustión, lo que permite reproducir condiciones de falla relacionadas con una pulverización insuficiente del combustible. Este tipo de falla puede originarse por diversos factores, tales como la obstrucción parcial o total de los inyectores, presión insuficiente en la bomba de combustible o problemas en el sistema de alimentación. La simulación mediante la desconexión del inyector facilita la evaluación del comportamiento del sistema de inyección bajo condiciones anómalas, permitiendo detectar posibles deficiencias en la entrega de combustible.

De esta manera, es posible determinar si el sistema requiere ajustes, mantenimiento o reparaciones específicas para garantizar un funcionamiento óptimo y prevenir fallas reales que puedan afectar el rendimiento y la eficiencia del motor.

### **3.7.3. Conexión de un potenciómetro en el circuito del Sensor ECT**

En la figura 3.8 presenta la conexión de un potenciómetro en el circuito del sensor de temperatura del motor, lo que permitió variar manualmente el voltaje de la señal enviada a la unidad de control electrónico (ECU). Esta modificación intencional de la señal simuló condiciones de falla en el sensor, generando lecturas erróneas que la ECU interpreta como un mal funcionamiento del sistema de refrigeración. De este modo, fue posible observar y analizar los efectos que un sensor de temperatura defectuoso puede provocar en el motor, tales como alteraciones en la mezcla aire-combustible, fallos en el control del encendido, funcionamiento ineficiente e incluso posibles sobrecalentamientos.



**Fig. 3.8. Circuito del potenciómetro.**

### 3.8. Medición del Sensor de Temperatura del Motor (ECT)

Para efectuar las mediciones necesarias en el motor del vehículo Aveo Emotion, es fundamental tener en cuenta diversas consideraciones técnicas. En este proceso, tal como se muestra en la figura 3.9, es imprescindible realizar una conexión adecuada del escáner Launch X431 Pro GT al vehículo, asegurando así la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos.



Fig. 3.9. Conexión apropiada del escáner Launch X431 Pro GT al vehículo [50].

#### 3.8.1. Procedimiento de Medición en el Vehículo Aveo Emotion

Para proceder a ejecutar una adecuada medición en el vehículo se siguió el siguiente procedimiento como lo muestra la tabla 3.7:

Tabla 3.7. Procedimiento de Medición en el vehículo Aveo Emotion

N <sup>o</sup>	Etapas	Paso	Descripción	Notas de Seguridad y Técnicas
1	Preparación del Entorno y Vehículo	Estacionamiento seguro	Ubicar el vehículo en un área ventilada, plana y libre de riesgos	Garantizar estabilidad y evitar accidentes durante el diagnóstico.
		Limpieza y descontaminación	Limpiar compartimento del motor y puerto OBD-II para evitar interferencias (polvo, grasa). Retirar residuos de líquidos o corrosión en conexiones eléctricas.	Evita falsos contactos y lecturas erróneas.
2	Inspección Técnica Preliminar	Verificación física	Revisar nivel de líquidos (aceite, refrigerante), estado de cables, bujías y sensores del sistema de	Detectar posibles causas de falla antes del diagnóstico.

		encendido, fusibles y conexiones eléctricas.	
		Conectar el escáner con vehículo apagado (ignición en OFF). Usar adaptadores específicos si el vehículo requiere protocolos especiales (CAN, J1939).	Evitar daños en el puerto y asegurar compatibilidad.
3	Conexión del Escáner y Configuración	Vinculación al puerto OBD-II	
		Ingresar datos del vehículo: marca, modelo, año y tipo de motor. Validar el VIN para acceder a funciones avanzadas.	Permite diagnóstico inteligente y acceso a funciones específicas.
		Selección de parámetros	
		Simulación de fallas controladas	Usar equipo de protección personal (guantes, gafas). Evitar contacto con piezas móviles.
		Monitoreo en tiempo real	Facilita la interpretación dinámica del comportamiento del motor.
5	Análisis de Datos y Validación	Diagnóstico post-simulación	Confirmar diagnóstico y detectar fallas ocultas o intermitentes.
		Restauración del sistema	Dejar el vehículo en condiciones óptimas post diagnóstico.
6	Cierre y Documentación	Generación de reportes	Facilita seguimiento y soporte técnico futuro.

### 3.8.2. Toma de Datos con el escáner Launch X431 Pro GT

Las comprobaciones en el sensor de temperatura de los motores de vehículos a gasolina se ejecutan para que se pueda realizar una prueba adecuada para evaluar su eficacia en la predicción de fallas utilizando el escáner automotriz launch x431 pro GT, mediante los siguientes pasos como indica la tabla 3.8.

**Tabla 3.8. Procedimiento de toma de datos con el escáner Launch X431 Pro GT.**

Procedimiento de toma de datos con el escáner Launch X431 Pro GT		
Preparación Inicial	Verificación del equipo	Asegurar que el escáner está cargado o conectado a una fuente de energía. Confirmar que el software está actualizado (usar actualización de lanzamiento si es necesario).
	Preparación del vehículo	Revisar cables de conexión (OBD-II, adaptadores, etc.). Apagar el motor y desconectar accesorios eléctricos. Localizar el puerto OBD-II (generalmente bajo el tablero del conductor).
	Vinculación física	Conectar el cable OBD-II al puerto del vehículo. Encender el escáner (se activará automáticamente o manualmente). Elegir marca, modelo, año y tipo de motor del vehículo.
Conexión al Vehículo	Selección de parámetros	Ingresa VIN (opcional, para mayor precisión). Posible error: Si no hay comunicación, verificar: Fusibles del vehículo. Estado del puerto OBD-II. Configuración del protocolo.
Diagnóstico Básico	Lectura de códigos DTC	Ejecutar escanear todo el sistema para detectar códigos de falla. Anotar o guardar los códigos antes de borrarlos.

---

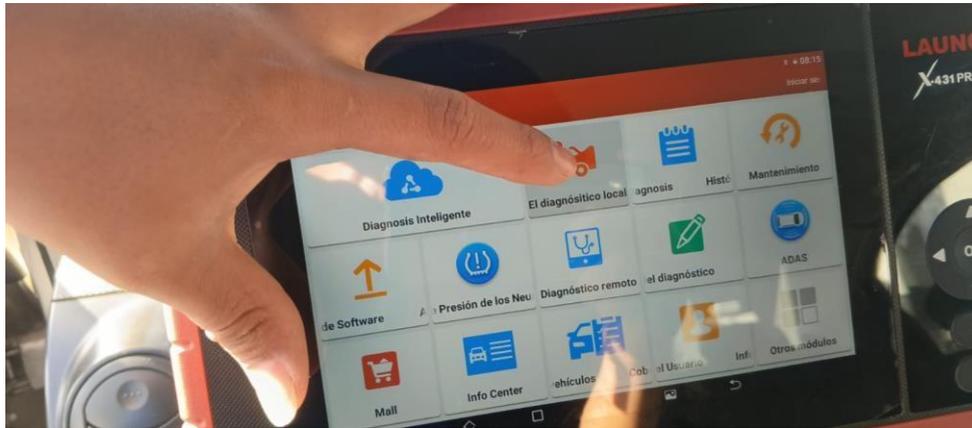
	Monitoreo en tiempo real	Usar flujo de datos Data para visualizar parámetros. Comparar valores con estándares del fabricante.
Funciones Avanzadas	Pruebas activas	Realizar Actuator Test. Usar ECU Código para reprogramación (requiere conocimiento técnico).
	Servicios especializados	Calibración de sistemas Ajuste de intervalos de mantenimiento
Generación de Reportes	Exportación de datos	Guardar resultados en formato PDF/Excel. Enviar por correo o almacenar en la nube (vía Nube de lanzamiento).
	Desconexión segura	Cerrar todas las funciones en el escáner. Retirar el cable OBD-II con el vehículo apagado.
Cierre del Proceso	Verificación final	Encender el vehículo y confirmar que no hay luces de advertencia. Realizar prueba de manejo corta si se borraron códigos.

---

### 3.8.3. Obtención de Datos del escáner Launch X431 Pro GT

Después de completar un diagnóstico con el escáner Launch X431 Pro GT, para descargar los datos generados se ingresa al menú de “Informes” o “Registros” dentro de la aplicación del equipo, donde se visualizan todos los reportes disponibles. Estos informes se almacenan ya sea en la memoria interna del dispositivo o en la nube, y desde la sección de archivos puedes seleccionar el reporte que deseas exportar en formatos como PDF o Excel. La transferencia del archivo a una computadora u otro dispositivo externo puede realizarse mediante conexión USB, correo electrónico o utilizando los servicios de

almacenamiento en la nube integrados en el escáner, facilitando así su descarga, respaldo y posterior análisis o impresión.



**Fig. 3.10.** Obtención de datos desde el equipo a la computadora.

### **3.8.4. Anomalías en el Vehículo Aveo Emotion**

#### **3.8.4.1. Problema en la bujía**

Para llevar a cabo el análisis de temperatura, se provocó una falla en el sistema de encendido con el objetivo de identificar los posibles cambios térmicos relacionados con este sistema. En particular, una bujía en mal estado puede ocasionar un encendido deficiente, lo que impide una combustión adecuada en la cámara del motor y, como resultado, genera variaciones anómalas en la temperatura del motor.

Este método de inducción de fallas se emplea para simular condiciones extremas de operación del motor, similares a las que pueden presentarse en el uso real de trabajo; en este contexto, una bujía defectuosa o mal calibrada en el sistema de encendido puede afectar significativamente la eficiencia y vida útil del motor. Para recrear este escenario, se reemplaza una bujía en mal estado, lo que provoca una combustión incompleta en el sistema de alimentación y, como consecuencia, genera variaciones en los parámetros de temperatura del motor.

#### **3.8.4.2. Problema en el sistema de inyección de combustible**

Para inducir una falla en los inyectores de un motor, se realiza la desconexión del enchufe del sistema de inyección de combustible correspondiente a un inyector, lo que interrumpe el suministro eléctrico y, en consecuencia, detiene el flujo de combustible hacia la cámara de combustión, generando así una falla controlada en el inyector. Es importante destacar

que la presión del sistema de combustible es un factor crítico para garantizar una inyección adecuada; una presión insuficiente afecta directamente la cantidad de combustible suministrada y compromete la combustión eficiente del motor. Por ello, al desconectar el enchufe del inyector se simula una interrupción en el flujo de combustible, permitiendo identificar y diagnosticar posibles fallos en el sistema de inyección.

#### **3.8.4.3. Problema en el sensor de temperatura del motor**

Para probar cómo responde el sistema ante una avería en el sensor de temperatura del motor (ECT), se instala un potenciómetro de 10 k $\Omega$  en el circuito del sensor. Este componente funciona como una resistencia que puede ajustarse manualmente. Al variar su posición, se altera el voltaje que llega a la unidad de control del motor (ECU), lo que hace que la ECU interprete temperaturas incorrectas, ya sea demasiado altas o demasiado bajas. Por ejemplo, si se gira el potenciómetro hacia su valor mínimo, se simula una señal de sobrecalentamiento (cortocircuito); si se lleva al máximo, se imita una temperatura muy baja (circuito abierto). De esta manera, se puede observar si la ECU activa alarmas o medidas de protección para el motor, siempre empleando un potenciómetro adecuado y sin mantener la simulación por mucho tiempo para evitar posibles daños en el sistema.

### **3.9. Recopilación de Datos**

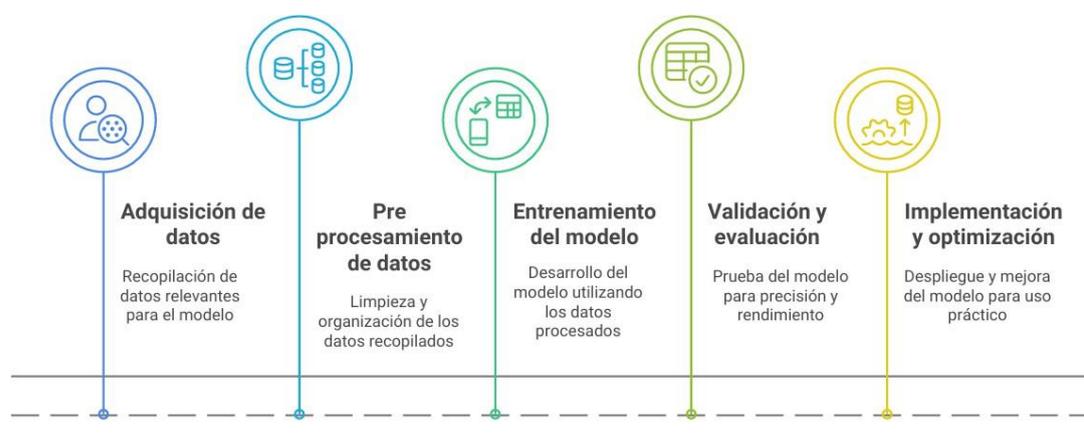
La recopilación y sistematización de los datos se realizó principalmente mediante el uso de Excel para la creación de tablas. Los valores de temperatura más significativos fueron seleccionados a partir de los gráficos elaborados tanto en Excel como en Matlab, considerando exclusivamente aquellos que se hallaban entre los 20 °C y 97 °C. Este rango fue elegido porque representa tanto las condiciones normales como las situaciones críticas de funcionamiento del motor del Chevrolet Aveo Emotion, tal como lo indica el manual técnico del fabricante, asegurando de esta manera que el análisis se ajuste a las especificaciones oficiales del vehículo.

#### **3.9.1. Aprendizaje automático**

El aprendizaje automático, también llamado Machine Learning, es un campo dentro de la inteligencia artificial que posibilita que las máquinas aprendan patrones y conocimientos directamente de los datos, sin la necesidad de que sean programadas de manera explícita para realizar tareas específicas.

Dentro del análisis de la temperatura del motor en el Aveo Emotion, la implementación de tecnologías para el procesamiento de señales captadas por el sensor ECT ayuda a reconocer patrones importantes y a descubrir fallas potenciales, además de posibilitar una estimación más exacta de la duración del motor; en este sentido, la investigación sugiere emplear modelos de aprendizaje supervisado que establecen relaciones entre las señales térmicas y favorecen la anticipación de irregularidades, apoyándose en el análisis de datos mediante herramientas especializadas (LabVIEW y MATLAB) para seleccionar atributos significativos que incrementan la precisión de las predicciones y permiten adoptar medidas preventivas más eficaces en el mantenimiento del motor.

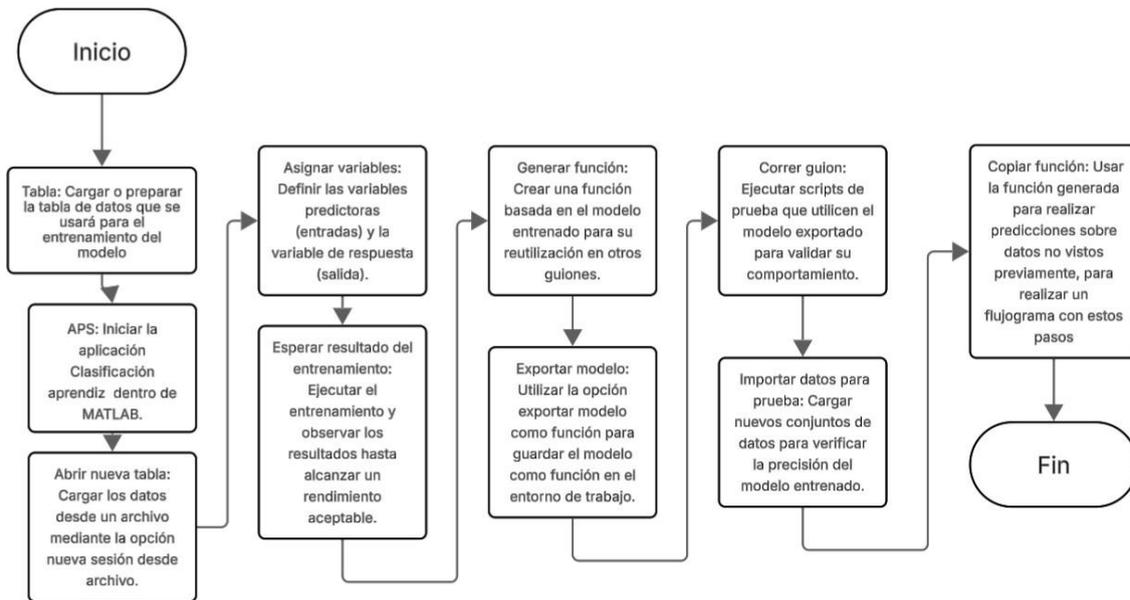
Para realizar este aprendizaje se basa en los siguientes pasos:



**Fig. 3.11. Proceso de desarrollo de modelo de datos**

### 3.9.2. Descripción del Proceso de Entrenamiento y Validación de Modelos en MATLAB

El proceso de desarrollo de modelos de clasificación en MATLAB utilizando la aplicación Classification Learner se estructura mediante el siguiente flujograma:



**Fig. 3.12. Flujograma de modelos de clasificación**

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Introducción

En este capítulo se examinó el funcionamiento térmico del motor de un Chevrolet Aveo Emotion empleando un escáner automotriz y el sensor ECT, considerando tanto el desempeño habitual como la simulación de fallas en elementos fundamentales como bujías, inyectores y el sensor de temperatura. Mediante la adquisición y análisis de datos térmicos y eléctricos, se determinan patrones de comportamiento que posibilitan reconocer alteraciones vinculadas a problemas en el encendido y la alimentación, favoreciendo el diagnóstico oportuno de fallas y la mejora en el control térmico del motor. Asimismo, se desarrolló e íntegro un modelo de machine learning en MATLAB que logra clasificar con gran exactitud los diferentes modos de operación del motor, evidenciando su validez para el monitoreo continuo y la implementación de tácticas de mantenimiento predictivo orientadas a incrementar la eficiencia, confiabilidad y vida útil del sistema automotriz.

### 4.2. Análisis en el vehículo Aveo Emotion en buen estado

En la Figura 4.1, se muestra el diagnóstico por escaneo realizado a un vehículo Chevrolet Aveo Emotion en condiciones óptimas de funcionamiento; Los datos obtenidos, especialmente los valores de temperatura, se emplearon como referencia para identificar desviaciones que indican fallas en componentes específicos, las cuales pueden ocasionar un funcionamiento ineficiente del vehículo.



**Fig. 4.1.** Diagnóstico en el vehículo Aveo Emotion.

### 4.3. Análisis del comportamiento térmico del motor mediante la toma de datos con el Escáner

La Tabla 4.1 presenta los valores de temperatura registrados por el escáner automotriz a través del protocolo OBD II durante una simulación en condiciones normales de operación. El monitoreo se realizó durante 10 minutos, registrando tanto la temperatura del refrigerante del motor como el voltaje de salida del sensor ECT.

Durante este periodo, se observa un incremento progresivo de la temperatura del motor desde 20 °C hasta alcanzar los 97 °C, reflejando el comportamiento típico de un sistema de combustión interna en fase de calentamiento. De forma inversamente proporcional, el voltaje del sensor ECT disminuye desde 4,5 V hasta 0,5 V, lo cual es coherente con el principio de funcionamiento del sensor NTC, cuyo voltaje disminuye a medida que la temperatura aumenta.

Este comportamiento confirma el correcto funcionamiento del sistema de refrigeración, permitiendo un calentamiento controlado del motor gracias a la circulación del refrigerante y la disipación gradual del calor generado por la combustión.

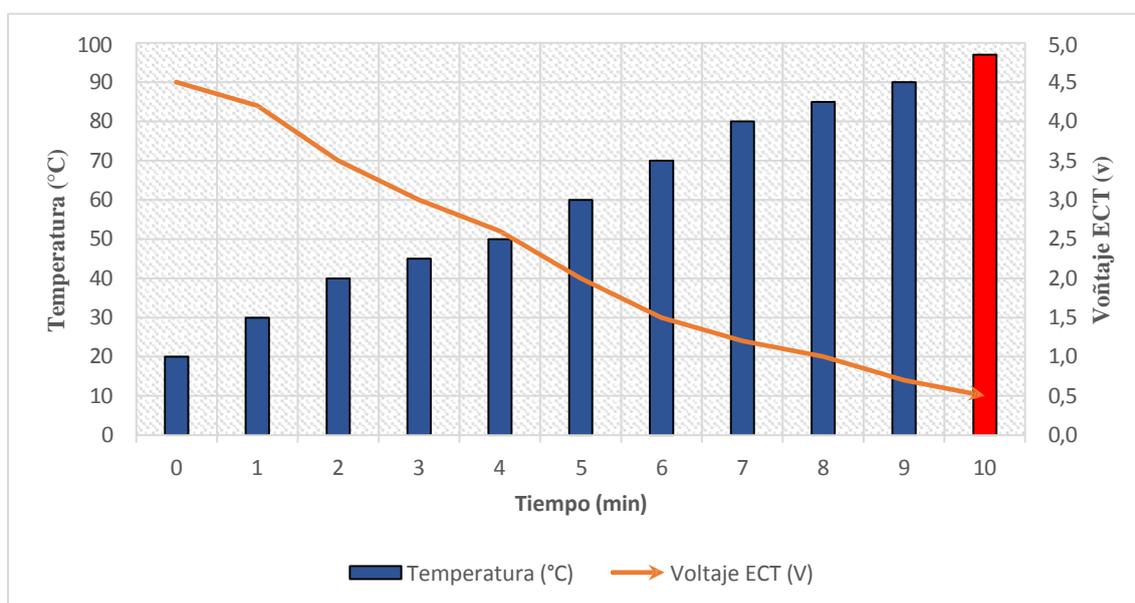
**Tabla 4.1 Simulación en buen estado.**

<b>SIMULACIÓN EN BUEN ESTADO</b>		
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Voltaje ECT (V)</b>
0	20	4,5
1	30	4,2
2	40	3,5
3	45	3,0
4	50	2,7
5	60	2,0
6	70	1,5
7	80	1,2
8	85	1,0
9	90	0,7
10	97	0,5

La Figura 4.2 muestra la evolución de la temperatura del motor durante el proceso de calentamiento, evidenciando un funcionamiento adecuado del sistema térmico. El tiempo de eficiencia térmica registrada se mantiene dentro del rango de temperatura operativa

establecido por el fabricante, lo cual indica que el motor alcanza su temperatura de régimen en condiciones normales de temperatura ambiente.

Este comportamiento es indicativo del buen estado del sistema de refrigeración, así como del correcto funcionamiento de los componentes mecánicos del motor. La estabilización progresiva de la temperatura sugiere una combustión eficiente y una adecuada transferencia de calor hacia el sistema de enfriamiento, lo que permite mantener la temperatura dentro de los parámetros óptimos para el rendimiento y la durabilidad del motor.



**Fig. 4.2. Análisis de temperatura con motor en buen estado.**

#### **4.4. Análisis de la variación térmica del motor ante una falla en la Bujía**

La Tabla 4.2 presenta los resultados obtenidos del monitoreo de la temperatura del motor a través del protocolo OBD II, utilizando un escáner automotriz durante una prueba controlada. Inicialmente, se registraron los datos de temperatura del motor en condiciones normales de funcionamiento para establecer una línea base de comportamiento térmico. Posteriormente, se simuló una falla en el sistema de encendido mediante la instalación de una bujía defectuosa, con el objetivo de analizar la influencia de una chispa inadecuada en el proceso de combustión sobre la temperatura del motor.

Tabla 4.2 Falla en la bujía

FALLA EN LA BUJÍA		
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Voltaje ECT (V)
0	20	4,5
1	28	4,3
2	36	4,0
3	38	3,6
4	46	3,3
5	52	2,9
6	58	2,6
7	65	2,2
8	71	1,9
9	77	1,5
10	83	1,2
11	89	0,7
12	97	0,5

Esta condición de falla en la figura 4.3, permitió observar cómo varía la temperatura en función del tiempo y cómo se correlaciona con el voltaje del sensor ECT el cual es clave para la gestión térmica del motor. Los resultados evidencian un aumento progresivo en el tiempo para llegar a alcanzar la temperatura normal de funcionamiento del sistema de refrigeración del motor, acompañado por una disminución gradual del voltaje del sensor, lo cual indica el calentamiento del motor bajo condiciones de combustión anómalas.

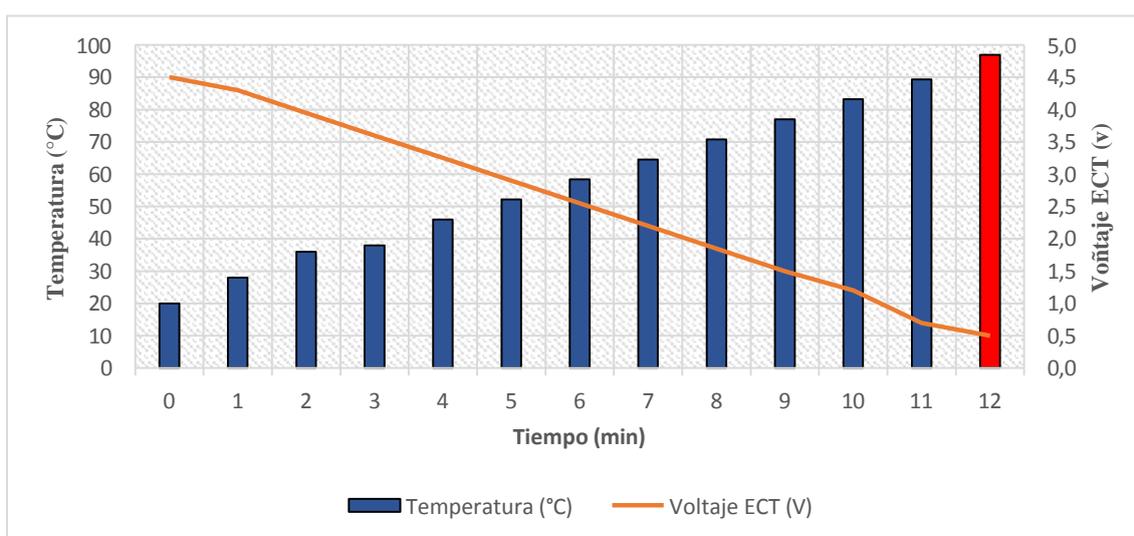


Fig. 4.3. Falla en la bujía.

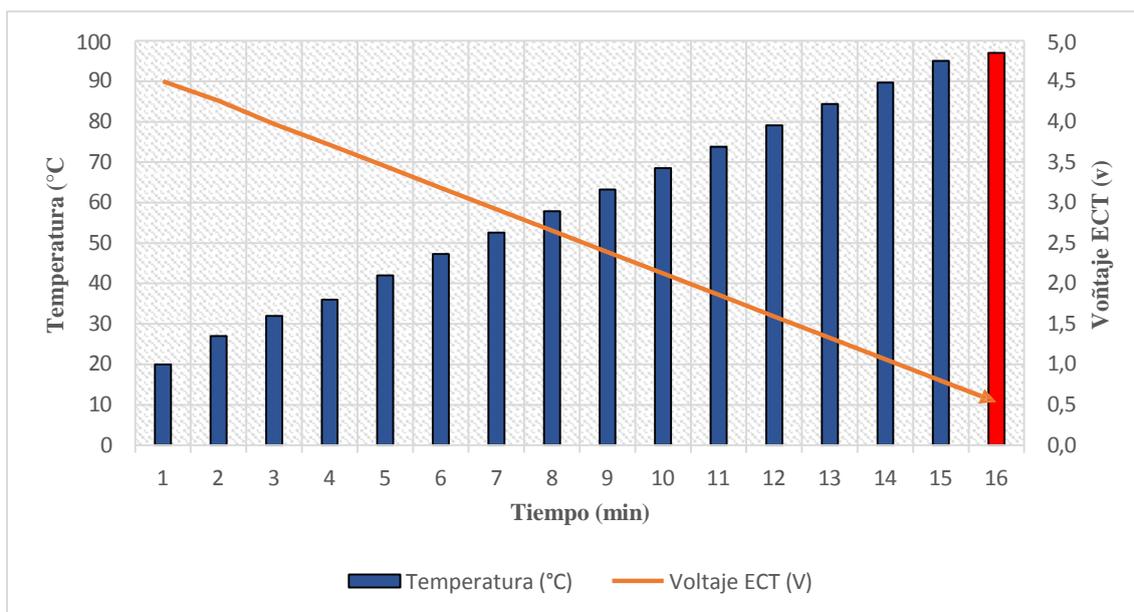
#### 4.5. Análisis de la variación térmica del motor ante una falla en un Inyector

La Tabla 4.3 presentó los datos de temperatura del motor registrados por medio de un escáner automotriz a través del sistema OBD II durante una prueba experimental. En una primera etapa, se obtuvieron los valores de temperatura del motor operando en condiciones normales, con el objetivo de establecer un parámetro de referencia térmica. A continuación, se simuló una falla en el sistema de alimentación de combustible mediante un inyector en mal estado, con el fin de analizar la variación térmica provocada por una inyección deficiente durante el proceso de combustión.

**Tabla 4.3 Falla en el inyector**

FALLA EN EL INYECTOR		
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Voltaje ECT (V)
0	20	4,5
1	27	4,3
2	32	4,0
3	36	3,7
4	42	3,4
5	47	3,2
6	53	2,9
7	58	2,7
8	63	2,4
9	69	2,1
10	74	1,9
11	79	1,6
12	84	1,3
13	90	1,1
14	95	0,8
15	97	0,5

En la figura 4.4, muestra un incremento progresivo de la temperatura del motor en función del tiempo, acompañado por una disminución del voltaje del sensor ECT, lo que refleja un comportamiento térmico alterado como consecuencia de una mezcla aire-combustible mal atomizada o incompleta. Esta condición de inyección deficiente afecta negativamente la eficiencia de la combustión, generando un incremento en tiempo de la carga térmica del motor y posibles impactos en la durabilidad de componentes críticos.



**Fig. 4.4. Falla en el inyector**

#### 4.6. Análisis de la variación térmica del motor mediante la variación del voltaje del sensor ECT

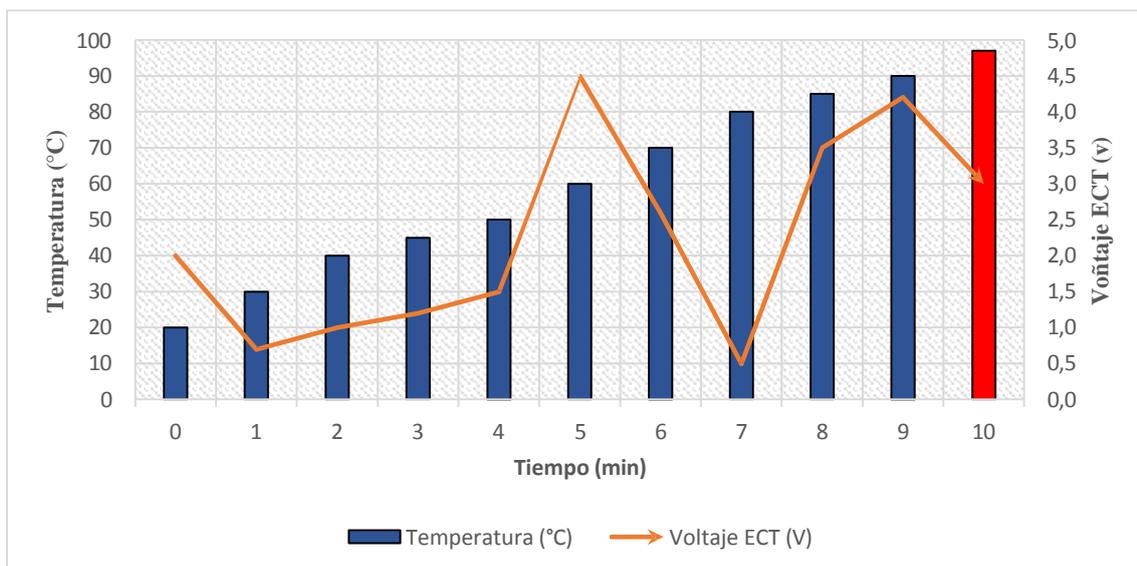
La tabla 4.4 registra el comportamiento del tiempo, la temperatura del refrigerante y el voltaje del sensor ECT a lo largo de 10 minutos, donde se aprecia un incremento progresivo de la temperatura desde 20°C hasta 97°C, reflejando un proceso de calentamiento típico del motor tras el arranque en frío. Sin embargo, el voltaje del sensor ECT, en lugar de disminuir de manera uniforme conforme la temperatura aumenta, presenta una caída inicial seguida de variaciones y picos inesperados; esto podría deberse a la respuesta no lineal inherente al sensor NTC, a la presencia de interferencias en la señal eléctrica o a posibles anomalías durante la simulación de los datos.

**Tabla 4.4 Variación de voltaje en el sensor ECT**

Variación de voltaje en el sensor ECT		
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Voltaje ECT (V)
0	20	2,0
1	30	0,7
2	40	1,0
3	45	1,2
4	50	1,5
5	60	4,5
6	70	2,6

7	80	0,5
8	85	3,5
9	90	4,2
10	97	3,0

En la figura 4.5 se representa la evolución del voltaje del sensor ECT en función de la temperatura del refrigerante a lo largo del tiempo; mientras que lo esperado para un sensor NTC es una reducción progresiva y suave del voltaje a medida que la temperatura aumenta, en este gráfico se detectan variaciones bruscas y picos repentinos en la señal, lo que sugiere la presencia de posibles anomalías o interferencias. Esta falta de un comportamiento inverso consistente dificulta el análisis del patrón entre ambas variables y puede comprometer la calibración precisa del sensor, así como la interpretación correcta de la ECU, lo que, en consecuencia, puede derivar en un funcionamiento deficiente del sistema de inyección, aumentando el riesgo de dificultades en el arranque, incremento del consumo de combustible y emisiones superiores a los niveles permitidos.



**Fig. 4.5. Variación de voltaje en el sensor ECT**

#### 4.7. Análisis general de resultados de las pruebas de temperatura en el motor

En el estudio del comportamiento de la temperatura de un motor a inyección electrónica en un Chevrolet Aveo Emotion, se empleó un equipo de diagnóstico como el escáner Launch X431 Pro GT, que se utilizó para el análisis de funcionamiento del sensor ECT y así poder registrar información en condiciones de operación estándar (BE - Buen Estado)

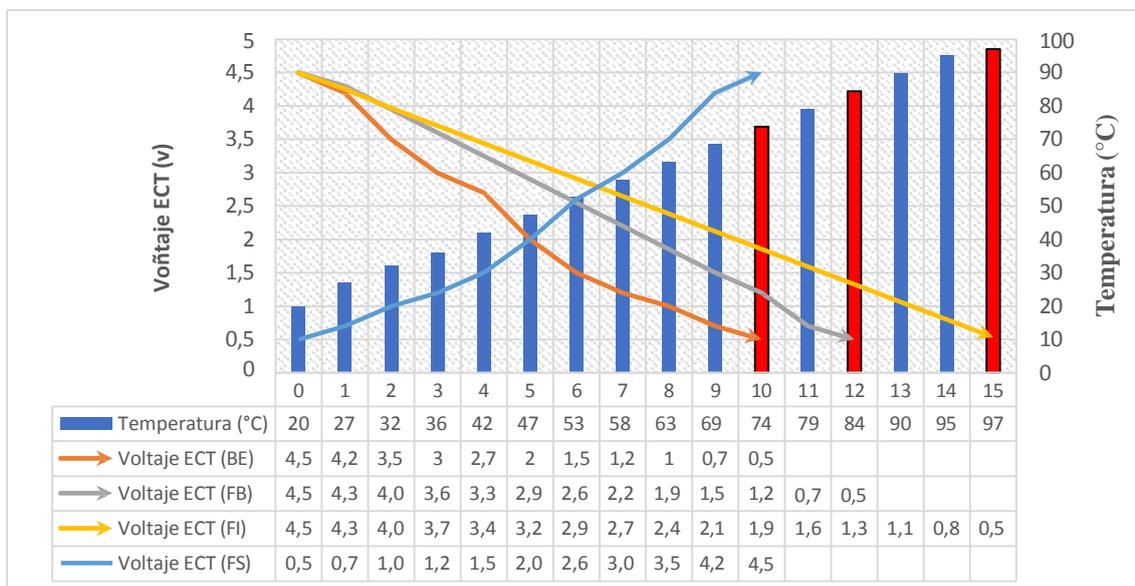
y bajo tres tipos de fallos: falla en la bujía (FB), falla en el inyector (FI) y falla en el sensor ECT (FS), tal como se detalla en la tabla 4.5.

**Tabla 4.5 Resultados del Análisis de Temperatura**

<b>Resultados del Análisis de Temperatura</b>					
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Voltaje ECT (BE)</b>	<b>Voltaje ECT (FB)</b>	<b>Voltaje ECT (FI)</b>	<b>Voltaje ECT (FS)</b>
0	20	4,5	4,5	4,5	0,5
1	27	4,2	4,3	4,3	0,7
2	32	3,5	4,0	4,0	1,0
3	36	3	3,6	3,7	1,2
4	42	2,7	3,3	3,4	1,5
5	47	2	2,9	3,2	2,0
6	53	1,5	2,6	2,9	2,6
7	58	1,2	2,2	2,7	3,0
8	63	1	1,9	2,4	3,5
9	69	0,7	1,5	2,1	4,2
10	74	0,5	1,2	1,9	4,5
11	79		0,7	1,6	
12	84		0,5	1,3	
13	90			1,1	
14	95			0,8	
15	97			0,5	

La figura 4.6, muestra que la temperatura del motor sube gradualmente desde 20 °C hasta 97 °C. Cuando el motor está en buen estado, el voltaje del sensor ECT baja de manera consistente a medida que la temperatura aumenta, pasando de 4,5 V al inicio a 0,5 V a los 10 minutos, lo que equivale a una disminución del 88,9%. En presencia de una falla en la bujía, la caída del voltaje ocurre de forma más lenta, tardando 12 minutos en alcanzar los mismos valores, lo que indica un retraso en la respuesta térmica del sistema. Cuando existe una falla en el inyector, la reducción del voltaje sigue un ritmo intermedio, completando el descenso en 15 minutos. En contraste, al simular una falla en el propio sensor ECT, el voltaje inicial es de solo 0,5 V y va incrementándose hasta llegar a 4,5 V, lo que representa un comportamiento opuesto al esperado y sugiere una lectura incorrecta del sensor. Estos resultados demuestran que el voltaje del sensor ECT es un indicador clave para el diagnóstico del motor, y que cualquier desviación significativa de su tendencia habitual puede señalar problemas tanto en el sistema de encendido como en el sensor mismo.

**Fig. 4.6. Resultados de temperatura del sensor ECT ante fallas del motor**



## 4.8. Aprendizaje automático

### 4.8.1. Matriz de datos con diferentes estados

La tabla 4.6 identificó los resultados obtenidos en las distintas pruebas realizadas al motor del Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc, incluyendo tanto su operación en estado óptimo como en condiciones de falla específicas: una bujía en mal estado, un inyector con funcionamiento irregular y alteraciones en la señal del sensor ECT. Estos datos permitieron realizar un análisis comparativo del desempeño del motor ante diferentes tipos de averías, lo que ayuda a reconocer patrones y a interpretar los síntomas relacionados con cada componente afectado.

**Tabla 4.6 Datos resultados obtenidos en las distintas pruebas realizadas al motor**

Falla Bujías 84-88°C	Falla Inyectores 88-92°C	Falla Sensor 80-84°C	Sensor en Buen Estado 92-96°C
87	91	81	96
88	88	82	96
86	91	80	92
88	89	80	96
88	88	83	94
85	92	82	95
86	90	84	92
86	91	82	95
86	90	83	96
88	90	83	96
87	88	82	92
86	90	83	94
88	92	82	93
85	90	81	92
87	88	82	93
85	92	82	93
87	89	83	94
88	90	83	93
84	88	80	93
87	89	80	94
85	89	81	93

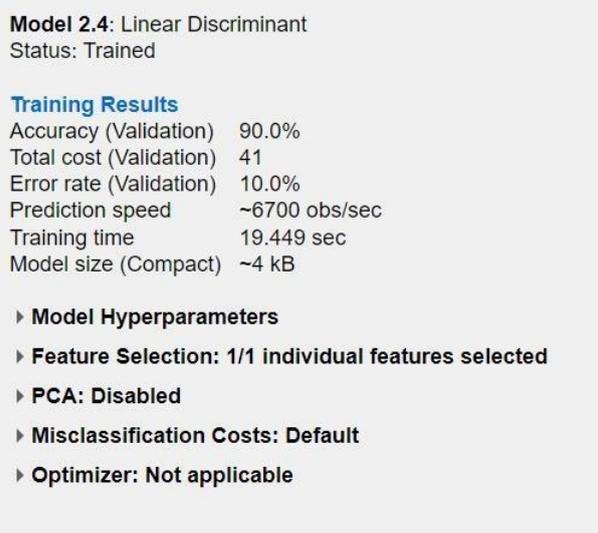
88	91	80	93
87	92	82	93
84	90	83	92
84	88	80	92
86	91	80	92
86	92	81	94
85	91	81	96
87	92	82	93
87	92	83	93
86	90	81	94
87	92	80	93
87	91	83	92
84	92	83	96
86	90	80	95
88	90	81	93
86	91	80	92
88	89	83	95
84	89	84	96
85	92	84	95
87	88	82	92
84	92	80	95
87	91	80	94
85	91	82	95
85	91	82	93
84	91	82	93
85	91	83	94
88	90	80	92
85	89	83	93
87	91	82	96
87	88	80	93
87	88	83	93
87	88	83	92
88	88	82	95
86	90	80	93
84	88	82	94
87	91	80	95
85	92	84	96
87	88	81	92
85	90	81	96
85	90	81	95
87	88	82	95
88	92	84	95
85	88	80	96
85	90	83	95
87	89	80	96
85	91	83	95
85	90	80	94
87	88	84	95
87	91	83	96
84	88	82	93
88	88	80	95
88	89	80	93
85	91	83	94
88	91	82	92
85	89	82	94
84	90	84	95
87	88	82	93
87	92	82	93
87	88	82	96
88	88	81	93
84	90	84	96
88	88	80	92
88	89	83	95
84	89	80	96
84	91	84	92
84	92	83	93
84	88	84	93
87	88	82	92
86	90	83	93
86	89	82	92
84	92	80	96
86	91	80	96
86	89	83	92
84	91	83	96
86	90	84	96
88	90	84	96
85	88	82	94
85	92	83	95
84	91	80	93

#### 4.8.2. Predicción de Fallas Térmicas en Motores

Mediante la implementación de un modelo predictivo basado en aprendizaje automático para el diagnóstico térmico del motor utilizando datos del sensor ECT. Permitió realizar el análisis de los gráficos generados en MATLAB, para identificar patrones de comportamiento de temperatura asociados tanto al funcionamiento normal del motor como a fallas específicas en componentes como bujías e inyectores. El modelo alcanza una alta precisión y velocidad de procesamiento, lo que lo convierte en una herramienta eficiente para el monitoreo en tiempo real, permitiendo anticipar fallos y mejorar la eficiencia del sistema de refrigeración mediante estrategias de mantenimiento predictivo.

#### 4.8.3. Modelo de aprendizaje automático para Monitoreo Térmico del Motor

El modelo de aprendizaje automático entrenado para analizar el comportamiento térmico del motor de encendido provocado mediante el sensor ECT ha demostrado un funcionamiento óptimo y muy eficiente, siendo ideal para aplicaciones automotrices en tiempo real. Logra una precisión de validación del 90% con un error del 10% y un costo total de validación de solo 41, lo que evidencia una clasificación robusta de los distintos estados térmicos del motor. Además, el modelo destaca por su velocidad de predicción ultrarrápida, capaz de procesar cerca de 6700 observaciones por segundo, permitiendo así el monitoreo térmico en tiempo real. Su tiempo de entrenamiento es eficiente (apenas 19,449 segundos) y su tamaño compacto (solo 4 kB) facilita su integración en unidades de control electrónico (ECU) con recursos de memoria limitados.



**Fig. 4.7. Modelo 2.4 línea discriminial**

#### 4.8.4. Gráfico de Dispersión por tendencia creciente de temperatura por categorías

En la figura 4.6, se evidencia una correlación positiva entre ambas variables de temperatura, observándose un incremento simultáneo desde aproximadamente 80°C hasta 96°C, lo que sugiere que las mediciones corresponden a distintos sistemas o componentes del vehículo sometidos a condiciones operativas variables. El uso de colores para diferenciar cada clase (BE, FB, FI, FS) permite identificar las diferentes fases de pruebas, motor en buen estado, falla en la bujía, falla en el inyector y falla en el sensor ECT. La tendencia lineal ascendente indica que, incluso ante diferentes tipos de fallas, el aumento de temperatura se produce de manera coordinada, un comportamiento característico de los sistemas automotrices, donde la temperatura del motor afecta a varios subsistemas de forma simultánea. Este análisis térmico posibilita la identificación de patrones de comportamiento y la detección de anomalías, siendo fundamental para el diagnóstico predictivo, la optimización de la gestión térmica y la prevención de fallos en el sistema de refrigeración antes de que ocurran daños mayores

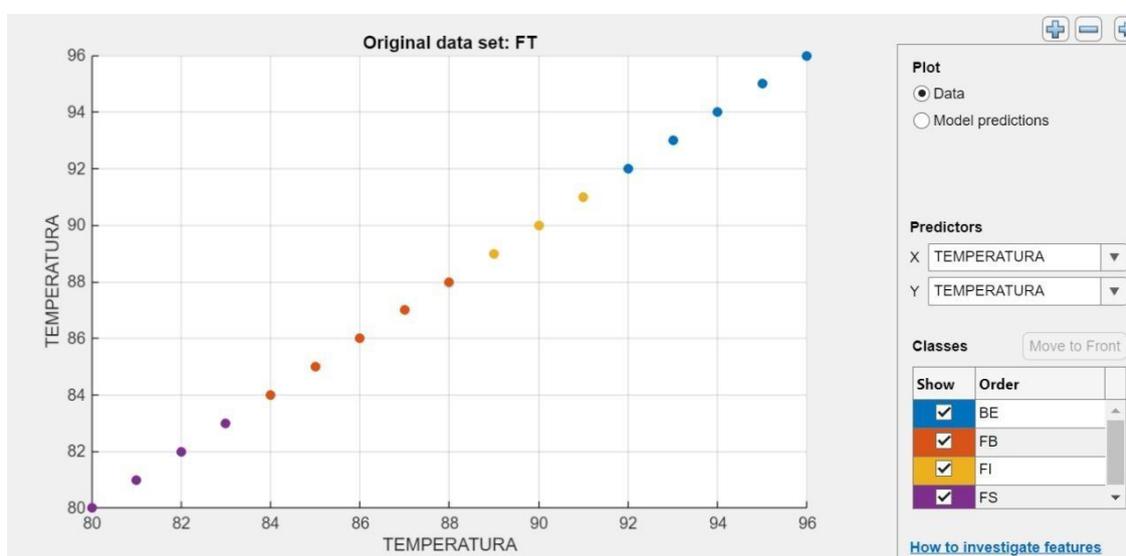


Fig. 4.8. Gráfico de dispersión de temperatura

#### 4.8.5. Modelo Predictivo Basado en el Sensor ECT para el diagnóstico Térmico del Motor

En la figura 4.7, se muestra la matriz de confusión del Modelo 2.4, diseñada para analizar el comportamiento térmico del motor de encendido provocado mediante el sensor ECT, evidencia un desempeño de clasificación muy sólido, alcanzando una precisión global del 90,1%; en este modelo, las cuatro categorías (BE, FB, FI y FS) corresponden a distintas fallas operativas del motor, identificados a partir de la temperatura del refrigerante. El modelo logra una clasificación impecable (100%) para el vehículo en buen estado, que representa el estado de máxima eficiencia térmica, mientras que la falla en la bujía, falla en el inyector y falla en el sensor ECT, asociadas a fases de calentamiento, operación intermedia y arranque en frío presentan precisiones de 87,0%, 85,2% y 88,1%, respectivamente, con tasas de falsos negativos de 13,0%, 14,8% y 11,9%. Los valores de TPR (tasa de verdaderos positivos) confirman la capacidad del sistema para reconocer de manera fiable cada condición térmica del motor, lo cual es esencial para la gestión automática del sistema de enfriamiento, la optimización de la mezcla aire-combustible y la activación eficiente de componentes como el termostato y el ventilador. Las bajas tasas de FNR (falsos negativos) indican que el modelo predictivo basado en el sensor ECT es altamente confiable para detectar y prevenir situaciones de sobrecalentamiento o funcionamiento térmico deficiente, contribuyendo así a la durabilidad y eficiencia del motor de combustión interna.

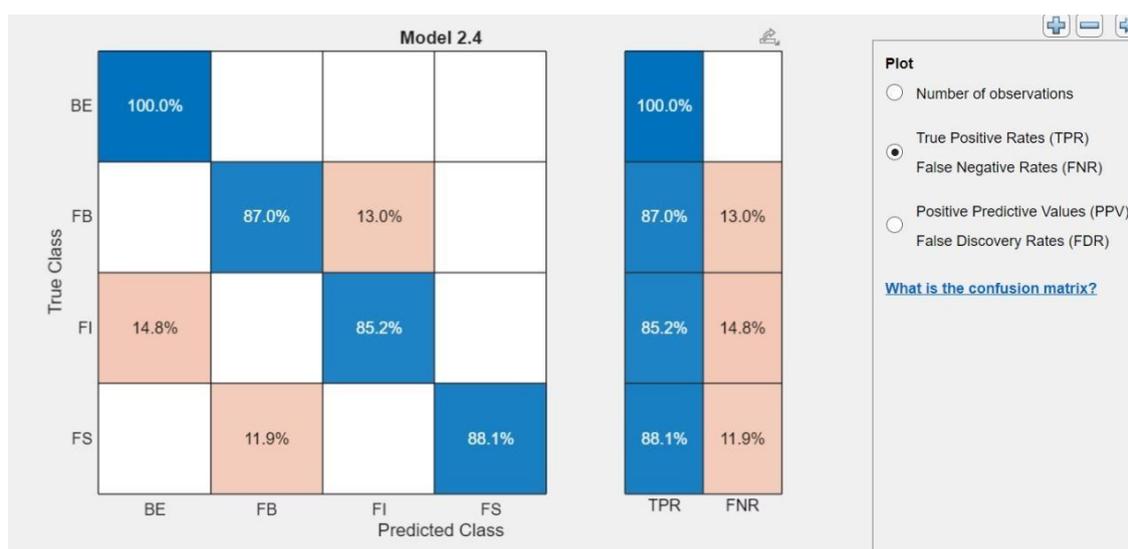


Fig. 4.9. Matriz de confusión del Modelo 2.4

#### 4.8.6. Detección Automática de Regímenes Térmicos Mediante Sensor ECT y Curva ROC

En la figura 4.8, se observa la curva ROC del Modelo 2.4, utilizada para evaluar el comportamiento térmico del motor de encendido provocado a partir del sensor ECT, refleja un desempeño sobresaliente en la clasificación automática de los distintos estados térmicos, alcanzando valores de AUC superiores a 0,98 en todas las categorías identificadas. Vehículo en buen estado, falla en la bujía, falla en el inyector y falla en el sensor ECT. Se presentó una discriminación casi perfecta, con valores de AUC de 0,9925, 0,9825, 0,9803 y 0,994 respectivamente, y con todos los puntos operativos del modelo situados en la esquina superior izquierda de la gráfica ROC, lo que indica tasas de verdaderos positivos cercanas al 100% y tasas de falsos positivos prácticamente nulas. Este alto nivel de precisión y confiabilidad permite que el sistema de gestión del motor detecte con gran exactitud los diferentes regímenes térmicos, lo que facilita la automatización en la activación del sistema de enfriamiento, el ajuste de la mezcla aire-combustible, el control del tiempo de encendido y la gestión del termostato, asegurando así la protección del motor frente a sobrecalentamientos y optimizando su eficiencia energética y durabilidad en cualquier condición de operación.

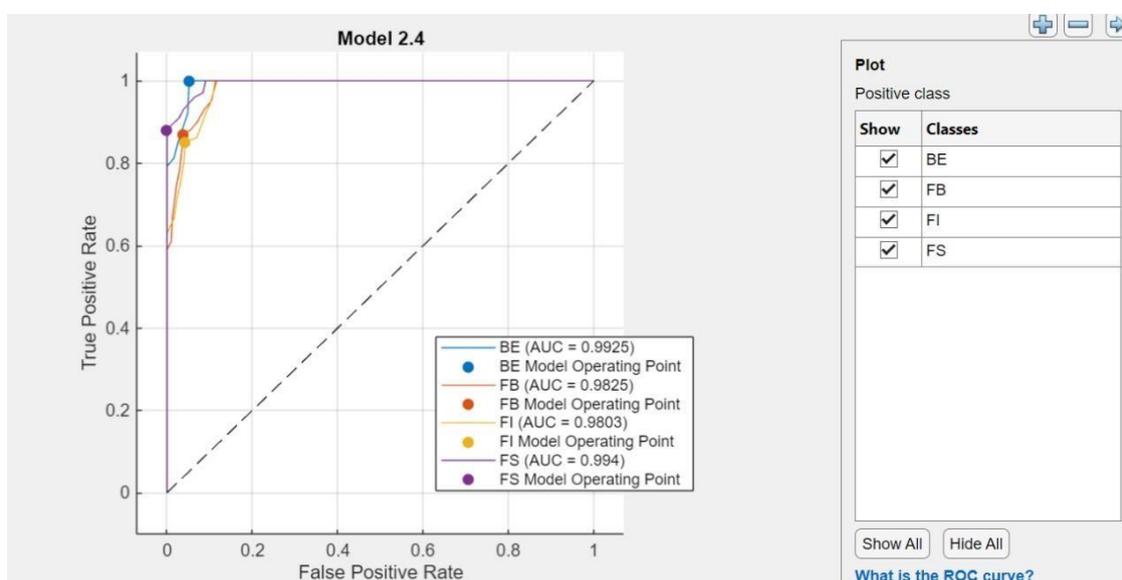


Fig. 4.10. Curva ROC del modelo 2.4

#### 4.8.7. Ecuaciones finales para las predicciones de falla en el sistema de refrigeración

En las ecuaciones 1, 2 y 3, se muestra los modelos de clasificación entrenados, como el modelo entrenado, permite evaluar datos de temperatura del sistema de refrigeración para predecir el estado del vehículo e identificar fallas específicas en componentes clave, como la bujía o el inyector; mediante algoritmos de aprendizaje automático supervisado, el modelo analiza los valores de temperatura ingresados como entrada y devuelve una categoría que indica si el vehículo está en buen estado o presenta una falla determinada, lo que automatiza el diagnóstico y facilita el mantenimiento predictivo, reduciendo tiempos de inactividad y mejorando la fiabilidad del sistema. Por ejemplo, si la temperatura es de 93 °C el modelo indica buen estado, si baja a 86 °C detecta una falla en la bujía y a 90 °C una falla en el inyector, demostrando cómo este tipo de análisis es fundamental para la gestión inteligente del mantenimiento vehicular y la detección temprana de anomalías antes de que deriven en averías graves.

```
>> T.TEMPERATURA(1) = 93;
>> [yfit,scores] = trainedModel.predictFcn(T)
      yfit =
      categorical
      Buen Estado
```

*Ecuación 1.Buen Estado*

```
T .TEMPERATURA (l) = 86;
[yfit,scores] = trainedModel.predictFcn (T)
      yfit =
      categorical
      Falla en la bujía
```

*Ecuación 2. Falla en la bujía*

```
T .TEMPERATURA (l) = 90;
[yfit,scores] = trainedModel.predictFcn (T)
      yfit =
      categorical
      Falla en el inyector
```

*Ecuación 3.Falla en el inyector*

#### **4.9. Análisis general de resultados de las pruebas de temperatura con matlab**

En el estudio realizado con Matlab sobre el Chevrolet Aveo Emotion 1.6 cc, se analizó cómo cambia la temperatura del motor en cuatro condiciones diferentes.: buen estado (BE), falla en la bujía (FB), falla en el inyector (FI) y falla en el sensor ECT (FS). El sensor ECT resultó fundamental para registrar las diferencias térmicas entre cada condición. Por ejemplo, en buen estado, el motor mantuvo temperaturas entre 92 °C y 96 °C, mientras que con falla en la bujía los valores se ubicaron entre 84 °C y 88 °C, lo que equivale a una reducción promedio de hasta el 10,4%. Con falla en el inyector, la temperatura se situó entre 88 °C y 92 °C (aproximadamente un 5% inferior al estado óptimo), y ante una falla en el sensor ECT, las lecturas fueron de 80 °C a 84 °C, lo que significa una disminución promedio del 14% respecto al funcionamiento normal. Estos resultados demuestran que cada tipo de falla afecta de manera específica la temperatura del motor, lo que facilita una clasificación precisa del estado operativo.

El modelo de machine learning desarrollado logró una precisión global del 90,1% en la identificación de las condiciones térmicas del motor, alcanzando un 100% de exactitud al detectar el buen estado. Las tasas de acierto para FB, FI y FS fueron del 87,0%, 85,2% y 88,1%, respectivamente, con tasas de falsos negativos entre 11,9% y 14,8%. Asimismo, la curva ROC arrojó valores AUC superiores a 0,98 para todas las condiciones, lo que indica una capacidad de discriminación casi perfecta. Gracias a su elevada velocidad de procesamiento (6700 observaciones por segundo) y bajo consumo de memoria (4 kB), este modelo es ideal para integrarse en la ECU del vehículo, permitiendo el monitoreo térmico en tiempo real. De este modo, el sistema implementado con Matlab y el sensor ECT no solo mejora la predicción de fallas, sino que también optimiza el mantenimiento preventivo, protege al motor contra el sobrecalentamiento y contribuye a prolongar su vida útil.

## CONCLUSIONES

Se logró una recolección precisa de datos térmicos en condiciones normales y con fallas simuladas del motor, permitiendo caracterizar de manera clara el comportamiento de la temperatura del refrigerante frente a diversas condiciones operativas como fallas en bujía, inyector y sensor ECT.

Se implementó un modelo de aprendizaje automático en MATLAB, que a partir de datos históricos fue capaz de predecir con un 90% de precisión los distintos estados térmicos del motor, incluyendo condiciones de falla, mostrando un alto rendimiento y aplicabilidad para diagnóstico automotriz.

Se identificaron rangos térmicos clave donde valores entre 85°C y 96°C fueron determinados como límites operativos seguros; mientras que desviaciones fuera de estos rangos, dependiendo de la condición del sistema, se asociaron con fallas específicas, lo cual permite actuar preventivamente antes de daños mayores.

El modelo predictivo fue validado mediante pruebas con curva ROC y matriz de confusión, alcanzando una alta precisión global (>90%) y una tasa mínima de falsos negativos, confirmando su fiabilidad para aplicaciones en tiempo real dentro de sistemas de gestión térmica del motor.

## RECOMENDACIONES

Establecer protocolos de recolección de datos térmicos en condiciones normales y de falla simulada, asegurando la continuidad de la caracterización precisa del comportamiento de la temperatura del refrigerante frente a diferentes estados operativos y fallas en bujías, inyectores y sensor ECT.

Incorporar de manera sistemática modelos de machine learning desarrollados en MATLAB en los procesos de diagnóstico automotriz, aprovechando su alta precisión en la predicción de estados térmicos y en la detección de condiciones de falla.

Monitorear constantemente la temperatura del refrigerante y configurar alertas automáticas para operar dentro del rango seguro ( $85^{\circ}\text{C} - 96^{\circ}\text{C}$ ), y definir acciones preventivas inmediatas ante desviaciones fuera de este rango, para evitar daños mayores en el motor y sus componentes críticos.

Validar periódicamente los modelos predictivos mediante pruebas ROC y matrices de confusión, asegurando que mantengan una alta precisión global y una baja tasa de falsos negativos, para garantizar la fiabilidad del diagnóstico térmico en aplicaciones de gestión en tiempo real del motor.

## REFERENCIAS

- [1] D. Jenny, A. Botello, R. Fernando, R. Mantilla, J. A. Botello, and E. Gutierrez, “GRAFENO: UNA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.”
- [2] M. Yolanda, R. Morales, and A. H. Guzmán, “CARACTERIZACIÓN DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON DOS TIPOS DE COMBUSTIBLE”.
- [3] A. Felipe and C. Luis, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA,” 2017.
- [4] R. Carlos, “TESIS DOCTORAL CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y LA GESTIÓN TÉRMICA DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVOS,” 2009.
- [5] “CAPÍTULO I MARCO TEORICO.”
- [6] H. Francisco Abramowicz Borja and I. Daniela Jerez, “Trabajo para la Implementación de Equipos de Diagnostico Electrónico en un Taller Automotriz,” 2017.
- [7] F. Payri and J. M. Desantes, “*Motores de Combustión Interna Alternativos*,” 1st ed. Barcelona, Spain, 2011.
- [8] hifi-filter, “Comprender el sistema de ventilación del cárter del motor.” Accessed: May 09, 2025. [Online]. Available: <https://hifi-filter.com/es/entender-el-sistema-de-ventilacion-del-carter/>
- [9] R. Stone, “*Introduction to Internal Combustion Engines*,” 4th ed. London, UK, 2012.
- [10] la vanguardia, “Cuidado con arrancar el motor en frío: esta cámara térmica no miente.” Accessed: May 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.lavanguardia.com/motor/taller/20180105/434008927794/arrancar-motor-frio.html>
- [11] J. B. Heywood, *Fundamentos del motor de combustión interna*. 2011.
- [12] gmb, “Mantenimiento del Sistema de Enfriamiento.” Accessed: May 08, 2025. [Online]. Available: <https://gmb.net/es/mantenimiento-del-sistema-de-enfriamiento/>
- [13] W. W. Pulkrabek, “*Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*,” 2nd ed. NJ, USA, 2014.

- [14] Retiro Nacional de Autos, “Sistema de enfriamiento del vehículo y componentes importantes.” Accessed: May 18, 2025. [Online]. Available: [https://medium.com/@marketing\\_46665/vehicle-cooling-system-important-components-50296856c650](https://medium.com/@marketing_46665/vehicle-cooling-system-important-components-50296856c650)
- [15] J. B. Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamentals*. . 1988.
- [16] David García Artés, “Los límites de la eficiencia térmica en motores gasolina y diésel.” Accessed: May 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.diariomotor.com/que-es/eficiencia-termica-gasolina-diesel/>
- [17] Rafael Soriano, “¿Qué es el sensor ECT?” 2024.
- [18] I. Ahmed, “Engine Coolant Temperature Sensor in Automotive Applications,” 2020. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/344327217>
- [19] T. Denton, “*Automobile Electrical and Electronic Systems*.” 2012.
- [20] General Motors LLC., “Aveo Manual del Propietario,” 2017.
- [21] W. Ribbens, “*Understanding Automotive Electronics: An Engineering Perspective*”,. 2017.
- [22] makinando, “Termistores PTC y NTC.” Accessed: May 09, 2025. [Online]. Available: <https://makinandovelez.wordpress.com/2019/02/12/termistores-ptc-y-ntc/>
- [23] A. Bonnick, “*Sistemas automotrices controlados por computadora: herramientas y técnicas de diagnóstico*.” 2019.
- [24] Club Autodoc, “Sensor de temperatura del refrigerante: función, probar, síntomas.” Accessed: May 05, 2025. [Online]. Available: <https://club.autodoc.es/magazin/sensor-de-temperatura-del-refrigerante-funcion-probar-sintomas>
- [25] K. Reif, “*Mecatrónica automotriz: redes automotrices, sistemas de estabilidad en la conducción, electrónica*.” 2015.
- [26] J. R. Olivier, “*Automotive Diagnostic Systems: Understanding OBD I & OBD II*.” 2012.
- [27] J. B. Heywood, *Fundamentos del motor de combustión interna*. 2018.
- [28] Motorysa., “Qué son las bujías y cómo funcionan.” Accessed: May 18, 2025. [Online]. Available: <https://mitsubishi-motors.com.co/blog/bujias-como-funcionan/>

- [29] Blog Mecánicos, “Pulverización de los inyectores.” Accessed: May 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.blogmecanicos.com/2021/04/pulverizacion-de-los-inyectores.html>
- [30] W. B. Ribbens, “*Comprensión de la electrónica automotriz: una perspectiva de ingeniería*. Butterworth-Heinemann, p.183.(Ribbens, W.B. (2017). *Comprensión de la electrónica automotriz: una perspectiva de ingeniería*.” 2017.
- [31] eloctavobit, “Potenciometro lineal B10K 10K.” Accessed: May 18, 2025. [Online]. Available: <https://eloctavobit.com/modulos-sensores/potenciometro-lineal-b10k-10k>
- [32] J. , & K. J. Travis, *LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun* , 4th ed. 2020.
- [33] jacabrera93, “¿Qué es LabVIEW?”, Accessed: May 21, 2025. [Online]. Available: <https://ielectel.com/labview-que-es-como-funciona-y-para-que-sirve/>
- [34] H. Moore, *MATLAB for Engineers*, 6th ed. 2020.
- [35] 1000marcas, “MATLAB Logo.” Accessed: May 21, 2025. [Online]. Available: <https://1000marcas.net/matlab-logo/>
- [36] Robert Bosch GmbH, *Bosch Automotive Handbook*, 10th ed. 2018.
- [37] Unión Europea, “Reglamento N° 83 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE),” 2019. [Online]. Available: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html>.
- [38] Roberto Nigrinis Velandia, “Prueba Chevrolet Aveo Emotion.” Accessed: May 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.carrosyclassicos.com/pruebas/item/776-prueba-chevrolet-aveo-emotion>.
- [39] O. Jose, “Manual de Computadoras y Módulos Automotrices”, Accessed: May 09, 2025. [Online]. Available: [www.electronicayservicio.com](http://www.electronicayservicio.com)
- [40] J. & T. R. Erjavec, “*Automotive Technology: A Systems Approach*.” 2020.
- [41] manuales de taller do pc, “INFORMACIÓN GENERAL ESPECIFICACIONES Datos técnicos Performance-Manual del transeje.” [Online]. Available: <http://manualesdetallerdopc.blogspot.com>
- [42] Launchx431store, “Scanner Automotriz LAUNCH PRO GT – X431 GT PRO.” Accessed: May 09, 2025. [Online]. Available: <https://launchx431store.com/product/launch-x431-pro3s-v5-0-bi-directional-scan-tool.html>

- [43] autorex, “Scanner Automotriz LAUNCH PRO GT – X431 GT PRO.” Accessed: May 18, 2025. [Online]. Available: <https://autorex.com.ec/producto/scanner-automotriz-launch-pro-gt-x431-gt-pro/>
- [44] fluke, “Multímetro para automoción Fluke 88V Deluxe.”
- [45] Fluke, “Datos técnicos Multímetro para automoción Fluke 88V Deluxe Características principales.” [Online]. Available: <https://www.fluke.com/es-mx/producto/comprobacion-electrica/multimetros-digitales/fluke-88v>
- [46] J. Morales y L. Gómez, *Fundamentos de sistemas electrónicos en automoción*. Madrid, España, 2021.
- [47] M. Fernández, *Componentes electrónicos en sistemas automotrices*. Madrid, España, 2022.
- [48] FLEXPCB, “Cableado de potenciómetros: proceso simplificado.” Accessed: May 13, 2025. [Online]. Available: <https://flexpcb.org/potentiometer-wiring-process-simplified/>
- [49] R. Martínez, *Diagnóstico Electrónico en Vehículos de Inyección: Sensores y Actuadores*, 3ra Edición. Madrid, 2023.
- [50] autonumen, “XTOOL X100 PAD Do Dodge Challenger 2011 Programador clave.” Accessed: May 13, 2025. [Online]. Available: <https://www.autonumen.com/blog/xtool-x100-pad-do-dodge-challenger-2011-key-programmer/>

**ANEXOS**