



Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero

Automotriz

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autor: Carlos Arturo Astudillo Vargas

Tutor: Ing. Marco Vinicio Noroña Merchán. Mgs.

**Propuesta de un Sistema Inteligente de Prevención de
Recalentamiento para Motores a Gasolina en Vehículos Livianos**

Certificado de Autoría

Yo, Carlos Arturo Astudillo Vargas, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Carlos Arturo Astudillo Vargas

C.I.0925538340

Aprobación del Tutor

Yo, Marco Vinicio Noroña Merchán certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Marco Vinicio Noroña Merchán , MSc.

C.I: 1714872072

Director de Proyecto

Dedicatoria

Dedico este proyecto a Dios y mis hijos por ser la inspiración fundamental en mi carrera universitaria y brindarme su cariño y apoyo en todos los aspectos de mi vida. Estar cada día presente impulsándome a ser mejor profesional y ser humano y ser mi aliento en los momentos difíciles.

Carlos Astudillo Vargas

Agradecimiento

Con agradecimiento y profunda admiración , agradezco a mis padres por ser pilares
fundamentales en este proceso.

Mi gratitud se extiende a mis docentes Marco Noroña y todos los docentes que me
guiaron en la carrera , por su dirección académica que fue de gran aporte para la creación de
este proyecto

A cada uno de ustedes mi más profundo agradecimiento por el apoyo en esta etapa
universitaria.

Carlos Astudillo Vargas

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
Capítulo I	1
Antecedentes	1
1.1. Tema de Investigación	1
1.2. Planteamiento Formulación y Sistematización del Problema	1
1.2.1 Planteamiento del Problema	2
1.2.2 Formulación del Problema.....	3
1.2.3 Sistematización del Problema	3
1.3. Objetivos de la Investigación	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4. Justificación y Delimitación de la Investigación.....	4
1.4.1 Justificación Teórica.....	4
1.4.2 Justificación Metodológica	5
1.4.3 Análisis Cualitativo	5
1.4.4 Análisis Cuantitativo	5
1.4.5 Justificación Práctica.....	5
1.4.6 Delimitación Temporal.....	7
1.4.7 Delimitación Geográfica.....	7

1.4.8 Delimitación del Contenido.....	7
2. Capítulo II 	9
Marco Referencial.....	9
2.1. Sistemas Inteligentes del Vehículo	9
2.1.1 Tipos de Sistemas de Control Inteligentes	9
2.1.2 Los Sistemas ADAS más Comunes se destacan:	10
2.1.3 Aplicaciones de los Sistemas de Control con Arduino	12
2.2. Sistemas de Refrigeración en Motores a Gasolina	14
2.2.1 Funcionamiento del Sistema de Refrigeración.....	14
2.2.2 Descripción del Sistema Eléctrico y Electrónico del Control.....	16
2.2.3 Explicación del Funcionamiento del ECT Como Medida de Prevención	18
2.3. Problemas de Recalentamiento.....	18
2.3.1 Problemas de Recalentamiento	18
2.3.2 Fallas en Componentes y Soluciones Propuestas	20
3. Capítulo III.....	24
Desarrollo e Implementación del Sistema Inteligente con Sensores y Alarmas	24
3.1. Características del Vehículo a Utilizar con la Implementación.....	24
3.1.1 Descripción del Vehículo.....	24
3.1.2 Descripción del Circuito Eléctrico del Sistema de Refrigeración	24
3.2. Elaboración del Sistema	26
3.2.1 Descripción de Partes del Circuito	26
3.2.2 Diseño del Sistema Inteligente	30
3.2.3 Lista de Elementos a Usar en el Proyecto.....	31
3.2.4 Estrategia de Funcionamiento del Sistema	33
3.2.5 Desarrollo del Circuito de Control de Prevención.....	34

3.3. Adaptación del Sistema Inteligente en el Vehículo	37
3.3.1 Caja de Proyectos para Alojar los Componentes.....	37
3.3.2 Adaptación de la Pantalla en el Parabrisas.....	37
3.3.3 Sensores de Temperatura Conectados al Radiador.....	38
3.3.4 Cableado General y Alimentación	39
3.3.5 Instalación Final en el Vehículo	39
4. Capítulo IV.....	41
Análisis de Funcionamiento del Sistema	41
4.1. Verificación del Sistema a Temperaturas Normales	42
4.1.1 Condición de Prueba 1.....	42
4.2. Verificación del Sistema a Temperaturas Altas	43
4.2.1 Condición de Prueba 2.....	43
4.3. Verificación del Sistema a Temperaturas Críticas	44
4.3.1 Condición de Prueba 3.....	44
4.4. Análisis Final de Funcionamiento del Sistema	46
5. Conclusiones	48
6. Recomendaciones	49
Bibliografía	50
7. Anexo	53

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Unidad Control Motor para Automóviles ECU</i>	10
Figura 2 <i>Microcontroladores Didácticos tipo Rasberry y Arduino</i>	12
Figura 3 <i>Diagrama Explosionado de Radiador con Doble Ventilador</i>	15
Figura 4 <i>Elementos de Control Eléctrico y Electrónico del Vehículo</i>	17
Figura 5 <i>Problemas de Recalentamiento del Motor a Gasolina</i>	19
Figura 6 <i>Pruebas de Presión del Sistema de Enfriamiento</i>	23
Figura 7 <i>Diagrama Eléctrico de la Gestión Electrónica del Motor resumido</i>	26
Figura 8 <i>Sonda de Temperatura DS18B20</i>	27
Figura 9 <i>Pantalla LCD TFT LCD 3,5"</i>	27
Figura 10 <i>Arduino Mega 2560 Usado en Proyecto</i>	28
Figura 11 <i>Combinación de Relé y Buzzer para Activación de Alarma Sonora</i>	28
Figura 12 <i>Vista Preliminar de Programación de Pantalla sin Elementos Conectados</i>	29
Figura 13 <i>Temperaturas de Funcionamiento del Sistema de Refrigeración – Chevrolet Optra 2007</i>	29
Figura 14 <i>Conexión Básica entre TFT LCD 3,2" y Arduino Mega</i>	31
Figura 15 <i>Diagrama del Circuito Flotante</i>	35
Figura 16 <i>Representación del Circuito Flotante de este Proyecto</i>	36
Figura 17 <i>Comprobación de Lecturas Tomadas con el Sistema</i>	36
Figura 18 <i>Caja de Proyectos con Componentes Montados</i>	37
Figura 19 <i>Instalación de Pantalla y Arduino en Soporte para Celular a la Vista del Conductor</i>	38
Figura 20 <i>Ubicación de Sensores y Conectores a la Entrada y Salida del Radiador</i>	39
Figura 21 <i>Instalación Final en el Auto</i>	40
Figura 22 <i>Condición Inicial de Funcionamiento del Sistema Inteligente</i>	41

Figura 23	<i>Lecturas de Condición de Temperatura Normal</i>	42
Figura 24	<i>Lecturas de Condición de Temperatura Altas</i>	44
Figura 25	<i>Lecturas de Condición de Temperaturas Críticas</i>	45
Figura 26	<i>Evidencias del Exceso de Temperatura y Derrame de Refrigerante</i>	46
Figura 27	<i>Gráfica Comparativa de Todas las Pruebas y sus Resultados</i>	47

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Temperatura del Refrigerante del Motor (Sensor ECT)</i>	16
Tabla 2 <i>Criterios de Funcionamiento de la Alarma o Buzzer</i>	30
Tabla 3 <i>Lista de Elementos del Proyecto</i>	32
Tabla 4 <i>Estrategia de Funcionamiento del Sistema y Mensajes</i>	33
Tabla 5 <i>Lecturas del Sistema a Temperaturas Normales</i>	43
Tabla 6 <i>Lecturas del Sistema a Altas Temperaturas</i>	44
Tabla 7 <i>Lecturas del Sistema a Temperaturas Críticas</i>	45
Tabla 8 <i>Comparativo de Todas las Pruebas y sus Resultados</i>	46

Resumen

El presente proyecto de investigación cuyo objetivo principal es el diseño e implementación de un sistema inteligente de prevención de recalentamiento en motores a gasolina, ahora orientado a vehículos livianos, pero no se limita a estos. Se considera que el sobrecalentamiento del motor representa un gran porcentaje de las fallas más comunes y costosas en la operación automotriz, ocasionando consecuencias como la deformación de componentes, pérdida de potencia, fallas en el sistema de enfriamiento y daños estructurales permanentes. Por tal para atender esta problemática, se propone la utilización de un sistema electrónico cuya gestión se basa en microcontrolador Arduino, sensores de temperatura tipo termocuplas de alta precisión y una pantalla que permita al conductor conocer en tiempo real la temperatura del motor y su estado en función de esta. El desarrollo de este sistema sirve para activar advertencias visuales y también sonoras cuando la temperatura supera los valores normales, y sugerir al conductor de una rutina de apagado seguro del motor si el sobrecalentamiento persiste, permitiéndole prevenir así daños críticos. La metodología usada considera el desarrollo del prototipo, pruebas en protoborad e instalado en el auto con las condiciones térmicas reales forzando al sistema de enfriamiento y posterior análisis de los estados del motor bajo diferentes escenarios de funcionamiento y comparando con las lecturas de un scanner. Finalmente, los resultados obtenidos validan la eficacia del sistema propuesto mediante los objetivos planteados como una herramienta preventiva para vehículos con livianos con motores de combustión, reforzando la seguridad vehicular, la eficiencia durante la conducción apropiada y la prolongación de la vida útil del motor y sus componentes. Además, esta propuesta contribuye a la incorporación de tecnologías con amplias aplicaciones.

Palabras clave: Recalentamiento, motor a gasolina, sistema inteligente, Arduino, sensores de temperatura, prevención.

Abstract

This research project has as its main objective the design and implementation of an intelligent overheating prevention system for gasoline engines, currently focused on light vehicles, though not limited to them. Engine overheating is considered to represent a significant percentage of the most common and costly failures in automotive operation, leading to consequences such as component deformation, power loss, cooling system failures, and permanent structural damage. To address this issue, the use of an electronic system is proposed, based on an Arduino microcontroller, high-precision thermocouple temperature sensors, and a display screen that allows the driver to monitor the engine temperature and its condition in real time. The development of this system enables the activation of both visual and audible warnings when the temperature exceeds normal values. It also suggests a safe engine shutdown routine if overheating persists, thus helping to prevent critical damage. The methodology used includes the development of a prototype, testing on a protoboard, and installation in a vehicle under real thermal conditions by stressing the cooling system. This is followed by an analysis of engine states under different operating scenarios, compared with readings from a scanner. Finally, the results obtained validate the effectiveness of the proposed system through the stated objectives, positioning it as a preventive tool for light vehicles with combustion engines. It enhances vehicle safety, improves driving efficiency, and helps extend the service life of the engine and its components. Additionally, this proposal contributes to the integration of technologies with broad applications.

Keywords: Overheating, gasoline engine, intelligent system, Arduino, temperature sensors, prevention.

Capítulo I

Antecedentes

1.1. Tema de Investigación

Propuesta de un sistema inteligente de prevención de recalentamiento para motores a gasolina en vehículos livianos.

1.2. Planteamiento Formulación y Sistematización del Problema

El recalentamiento de los motores de gasolina hoy en día forma parte de la principal de fallo de manera prematura que llevan a una reparación considerable.

Los daños asociados a los problemas de recalentamiento en los motores de combustión interna conllevan a gastos elevados, tiempos de para considerables y la pérdida de la movilidad de los usuarios debido al daño que generalmente es grave.

Según (Bosch, 2019), los motores modernos están diseñados para incluir sistemas de monitoreo que pueden detectar estos problemas antes de que se conviertan en daños graves.

Las consecuencias de los daños en el motor podrían empeorar considerando la baja disponibilidad de repuestos, problemas de presupuestos hoy y la falta de mano de obra calificada en las marcas que hoy en día se comercializan en Ecuador; Por tanto es importante evitar este tipo de daño y sus consecuencias mediante sistemas de advertencia personalizados hola coma generalmente estos sistemas son desarrollados por los fabricantes OEM de los motores y también son soportados por los fabricantes de los controladores electrónicos como son Bosch , Delphi ,Denso entre otros.

El aporte en buenas prácticas de mantenimiento de los motores y el monitoreo de las condiciones de funcionamiento de los autos merma mucho la posibilidad de recalentamiento, sin embargo, también los imprevistos podrían generarse por daños fortuitos en los materiales y también el en el uso el diario de los autos. Gracias a la tecnología hoy en día y el uso de microcontroladores y aditamentos especiales que se pueden agregar al uso del vehículo y a su

sistema eléctrico, se pueden implementar diferentes soluciones a favor de alertar al conductor acerca del recalentamiento.

El desarrollo de este proyecto busca reducir el daño generado por el recalentamiento advirtiéndole al conductor de su existencia y guiándolo al apagado en prevención del motor

1.2.1 Planteamiento del Problema

En muchos vehículos livianos comercializados hoy y hace algunos años en Ecuador, el sobrecalentamiento del motor por diversas razones es una problemática frecuente que en su gran mayoría de casos genera daños severos en el motor si no se detecta a tiempo, así como riesgos de seguridad en la conducción dado a la pérdida de control por el apagado o por el humo emitido, llegando incluso a riesgos de incendios. Aunque algunos autos modernos incluyen testigos en el tablero para advertir sobre esta condición y los manuales de propietario expresan claramente las precauciones a tomar y como usar los testigos estos podrían pararse por alto por distracciones propias del manejo del auto, considerando aquello la ausencia de un sistema de alerta sonora y visual de mayor impacto o más efectivo puede ocasionar que el conductor no perciba la falla por recalentamiento a tiempo y conlleve a daños mayores (Muñoz Gallegos, Borja Soto, & Moreno Constante, 2020).

La detección del sobrecalentamiento usualmente se realiza mediante sensores de temperatura que envían señales eléctricas al sistema de control del vehículo para esta implementación a un controlador adicional. Sin embargo, si la señal del electroventilador se interrumpe por una falla, no siempre existe un mecanismo inmediato de advertencia.

El problema radica en la falta de un sistema de monitoreo continuo y de alertas eficientes para prevenir el sobrecalentamiento del motor. Este proyecto propone diseñar e implementar un circuito basado en Arduino que detecte sobrecalentamiento sensores adicionales, active un buzzer de advertencia y genere alertas en una pantalla, brindando así una solución efectiva y aumentando la seguridad del vehículo y su conductor (González, 2021).

1.2.2 Formulación del Problema

¿Por qué la implementación de un sistema adicional para los autos cuyo fin será identificar el sobrecalentamiento de un motor sobre los límites de diseño y que alerte al conductor para que este pueda tomar medidas oportunas para evitar los daños en su auto?

1.2.3 Sistematización del Problema

¿Cómo se puede diseñar un sistema que alerte al conductor del auto de la existencia de un recalentamiento del motor del auto antes que llegue a niveles críticos y genere daños considerables?

¿Cómo se puede diseñar un sistema de alerta dentro de los límites de seguridad evitando al máximo una parada inesperada del motor por el propio sistema y por las propias consecuencias del recalentamiento en caso de existir?

¿Cómo se puede conseguir la implementación de un microcontrolador capaz de identificar el sobrecalentamiento y generar las alertas necesarias mediante sus salidas que aseguren que el conductor tome acciones para evitar mayores daños?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema de prevención contra el recalentamiento de un motor a gasolina mediante un sistema de advertencia sonora y visual.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar las causas del recalentamiento en motores a gasolina por fallas en el sistema de enfriamiento.
- Desarrollar e implementar un sistema inteligente de prevención de recalentamiento mediante un circuito con sensores y alarmas.
- Verificar el funcionamiento del sistema en diferentes condiciones de temperatura para evaluar su eficacia y confiabilidad.

1.4. Justificación y Delimitación de la Investigación

El sobrecalentamiento del motor es una de las principales causas de daños graves en los vehículos, especialmente en los modelos más antiguos o aquellos que no cuentan con sistemas de monitoreo eficientes. Esta problemática se agrava cuando los conductores no perciben a tiempo la advertencia de un sobrecalentamiento, lo que puede resultar en fallos catastróficos como la pérdida total del motor, daños costosos o incluso riesgos de incendio. Aunque muchos vehículos modernos están equipados con testigos en el tablero para indicar este tipo de fallas, la distracción del conductor puede hacer que estos avisos pasen desapercibidos. Este proyecto busca abordar esa deficiencia, proponiendo la implementación de un sistema de alerta sonora y visual que complemente las señales existentes, proporcionando una forma más efectiva y urgente de advertir al conductor de un posible sobrecalentamiento.

Además, el sistema propuesto utilizaría un microcontrolador ESP32 para monitorear continuamente la temperatura del motor, generando alertas a través de un buzzer y una pantalla visual, incluso en casos donde el electroventilador no esté funcionando correctamente o la señal del sensor de temperatura se interrumpa. Este sistema adicional permitirá detectar anomalías térmicas antes de que lleguen a niveles críticos, brindando así una solución proactiva y efectiva para la prevención de daños y la mejora de la seguridad del vehículo y su conductor ((González et al., 2021).

1.4.1 Justificación Teórica

La relevancia de este proyecto radica en el alto índice de fallos considerables en los motores de combustión interna dado a problemas de sobrecalentamiento, generalmente las consecuencias se agravan tanto que puede llegar a generar costos considerables por reemplazos de cabezotes y motores completos.

Al implementar un chiste de un sistema de prevención del recalentamiento del motor se busca mitigar sus consecuencias y reducir los costos durante el mantenimiento y la

reparación de dichos fallos.

La investigación contribuirá a reforzar en temas como la conducción apropiada el mantenimiento preventivo y la implementación de circuitos de control electrónico adicionales direccionados a fortalecer el conocimiento hoy técnico de los talleres en busca de mejores resultados ante un evento catastrófico como el recalentamiento del motor

1.4.2 Justificación Metodológica

La metodología empleada en esta investigación se fundamenta en un enfoque mixto, combinando elementos cualitativos y cuantitativos.

1.4.3 Análisis Cualitativo

A través de la observación directa del proceso de prevención y reparación, entrevistas con técnicos acerca de las consecuencias del fallo en los motores y revisión de registros históricos, se identificará la reducción en la gravedad de los daños causados en los motores y mejor disponibilidad del auto para el fin contratado.

1.4.4 Análisis Cuantitativo

Se recolectarán datos numéricos sobre los costos de los mantenimientos y reparaciones considerables en los autos por una falla grave para comparar con los gastos realizados luego de la implementación, sus ventajas y beneficios en tiempos de reparación y disponibilidad de los autos.

La combinación de estos enfoques permitirá obtener una visión integral del problema y desarrollar soluciones más precisas y adaptadas a las necesidades específicas de un taller.

1.4.5 Justificación Práctica

El sistema de alerta térmica por recalentamiento basado en ESP32 representa una solución práctica y moderna considerando el acceso actual a la electrónica en todos los niveles frente al problema del sobrecalentamiento del motor en vehículos livianos. Por tanto este tipo de desarrollo integra tanto componentes de hardware como sensores, pantalla y buzzer, como

también software embebido que permite el monitoreo y la toma de decisiones en tiempo real. Por ello, se requiere un enfoque técnico integral que combine programación, electrónica automotriz y conocimiento de los sistemas de enfriamiento.

Asimismo, la observación directa del funcionamiento del motor y del comportamiento de los conductores frente a alertas visuales o sonoras contribuirá a validar la efectividad del sistema. Además, la recopilación de datos como la frecuencia de activación de alarmas o los tiempos de respuesta del conductor permitirá realizar ajustes al umbral de temperatura y mejorar la funcionalidad. Finalmente, este sistema puede ser replicado en otros vehículos similares, facilitando su aplicación en talleres, flotas o entornos educativos, donde el mantenimiento preventivo y la seguridad mecánica son prioridades.

Para asegurar que la investigación sea concreta y alcanzable, se establecen los siguientes límites:

Ámbito del Estudio: El proyecto se centrará exclusivamente en el diseño e implementación de un sistema de alerta de sobrecalentamiento para motores de vehículos livianos a gasolina, utilizando un microcontrolador ESP32, sensores de temperatura adicionales, un buzzer de advertencia y una pantalla para la visualización de alertas.

Tecnología y Componentes: Se utilizarán tecnologías y componentes específicos, tales como el microcontrolador ESP32, sensores de temperatura adecuados para medir las anomalías térmicas en el motor, y sistemas de alerta sonora y visual como el buzzer y la pantalla LCD.

Propósito del Sistema: El sistema diseñado tendrá como objetivo principal prevenir daños graves al motor debido al sobrecalentamiento, no sustituirá los sistemas originales del vehículo, sino que actuará como una medida adicional para aumentar la seguridad.

Limitación de Alcance: Aunque se abordará la implementación del sistema en vehículos livianos a gasolina, la investigación no se extenderá a otros tipos de vehículos como los eléctricos, híbridos o de combustión diésel.

Duración y Desarrollo: El estudio se llevará a cabo durante un período de 10 semanas, en las cuales se diseñará, implementará y evaluará el sistema propuesto, realizando pruebas en condiciones controladas para verificar su efectividad.

Evaluación y Resultados: El sistema será evaluado con base en su efectividad para detectar anomalías térmicas, la rapidez de la alerta y la facilidad de implementación en vehículos de diferentes modelos y marcas.

1.4.6 Delimitación Temporal

Este trabajo se realizó de mayo del 2025 a julio del 2025.

1.4.7 Delimitación Geográfica

Este estudio se desarrolló en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la UIDE, Guayaquil, Ecuador; Se buscó generar un marco teórico en esta rama de investigación que nos permita implementar estas ideas y algunas otras futuras al servicio de la sociedad.

1.4.8 Delimitación del Contenido

Este estudio se centrará en el análisis exhaustivo de los sistemas de enfriamiento automotrices y las consecuencias de cuando estos fallan , a la par de cuáles son los métodos de los fabricantes para evitar que un motor recaliente durante el funcionamiento sin sacrificar la seguridad de los ocupantes del auto

La electrónica mediante el uso de microcontroladores como el ESP32 está revolucionando varias aplicaciones fuera de las convencionales didácticas en busca de nuevos proyectos útiles en beneficio de los usuarios y que nos permitan a los nuevos técnicos innovar en la medida que la seguridad y los fabricantes lo permitan ensayando principios de programación y diseño. La implementación de este proyecto busca utilizar las técnicas correctas para el mantenimiento de los circuitos eléctricos de los autos y a la vez programar el microcontrolador montado, para este fin se seguirán las advertencias del fabricante sin alterar las características propias del auto sin poner en riesgo al conductor

El objetivo de este estudio fue desarrollar un sistema de prevención en contra el recalentamiento de los motores CI mediante el uso de algunas de las herramientas electrónicas que conocemos hoy en día, de modo que el usuario conozca las acciones a seguir si el evento se da y estamos desprevenidos.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1. Sistemas Inteligentes del Vehículo

Los sistemas inteligentes de control en vehículos modernos hoy en día representan una evolución significativa en los estudios de ingeniería automotriz siendo que los mismos están orientados a mejorar la eficiencia, también la seguridad y la experiencia de conducción. Estos vehículos y sus sistemas integran sensores, microcontroladores, algoritmos de control o programas y redes de comunicación interna como los CAN, LIN, etc. Que permiten la toma de decisiones automatizada o asistida dependientes del desarrollador y las normas a las que el diseño del auto se rija. Considerando lo expuesto, estos sistemas inteligentes también cumplen un papel de prevención, como es el caso del sistema en mención de este proyecto que propone la prevención de recalentamiento.

2.1.1 Tipos de Sistemas de Control Inteligentes

Los sistemas inteligentes de control del motor de los autos actualmente se centran en optimizar al máximo el rendimiento del motor en general, el consumo de combustible durante las distintas condiciones de manejo o demandas y la emisión de gases contaminantes generados durante su funcionamiento. Por tanto, estos sistemas usan una Unidad de Control Electrónica (ECU) que recibe datos de los diferentes sensores como el de temperatura del refrigerante, sensor de oxígeno, sensor MAP, entre otros productos de su gestión electrónica, para realizar ajustes durante el funcionamiento en tiempo real para configurar parámetros tales como el tiempo de inyección, el ángulo de adelantamiento o retraso del encendido o la apertura de la mariposa.

El sistema de refrigeración también es gestionado parcialmente por la ECU, que puede activar el electroventilador cuando detecta temperaturas elevadas, aunque esta función puede no ser suficiente si el sensor de temperatura falla o si no hay mecanismos de alerta adicionales

para advertir al conductor (Bosch, 2019). Se muestra ejemplo de dicho controlador en la figura 1.

Figura 1

Unidad Control Motor para Automóviles ECU



Tomado de: <https://acortar.link/nA1dgR>

- Sistemas de control tipo ADAS

En la actualidad los Sistemas Avanzados de Asistencia al Conductor (ADAS) demuestran una aplicación esencial de la inteligencia en vehículos modernos, orientada al incremento en la seguridad activa y reducción del riesgo de sufrir accidentes en la conducción mediante el apoyo continuo al conductor. Según la (National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), 2023), estos sistemas emplean una combinación de sensores (radar, cámaras, LIDAR, sensores ultrasónicos), unidades de procesamiento y algoritmos de inteligencia artificial para detectar condiciones del entorno y tomar decisiones automáticas o generar alertas inmediatas.

2.1.2 *Sistemas ADAS más Comunes*

Es importante destacar el desarrollo actual en torno a la interacción de los sistemas ADAS a favor de asistir al conductor y facilitarle muchos aspectos de la conducción propia usando las tecnologías de actualidad y los recursos tecnológicos de punta aplicados en la industria automotriz.

Frenado autónomo de emergencia (AEB): Este sistema detecta los obstáculos o peatones ubicados en la trayectoria del vehículo de modo que activa el freno aun cuando el conductor no reaccione a tiempo.

Control crucero adaptativo (ACC): Este sistema ajusta automáticamente la velocidad del vehículo para así mantener una distancia segura de seguimiento con respecto al vehículo que va adelante.

Advertencia de salida de carril (LDW) y asistencia de mantenimiento de carril (LKA): Estos sistemas detectan desvíos involuntarios y asisten al conductor para mantener el carril.

Monitoreo de punto ciego (BSM): Su desarrollo advierte al conductor de la existencia de otros vehículos en los espacios laterales que no son visibles por los espejos del auto.

Aplicación del concepto ADAS a la prevención de recalentamiento

Aunque los ADAS no están diseñados directamente para el control térmico del motor, su arquitectura de toma de decisiones autónoma y su capacidad de alerta inmediata sirven como modelo para el desarrollo de sistemas inteligentes preventivos, lo cual no se ha implementado aún (SAE International, 2021). Un sistema inteligente de prevención de recalentamiento podría monitorear variables como temperatura del refrigerante, presión del sistema, velocidad del ventilador y estado del termostato, así como detectar patrones anómalos (por ejemplo, aumento sostenido de temperatura sin respuesta del ventilador). Alertar de forma visible y sonora al conductor, e incluso actuar sobre el sistema (reducir la carga del motor, activar modos de emergencia o limitar la aceleración) para evitar daños mayores.

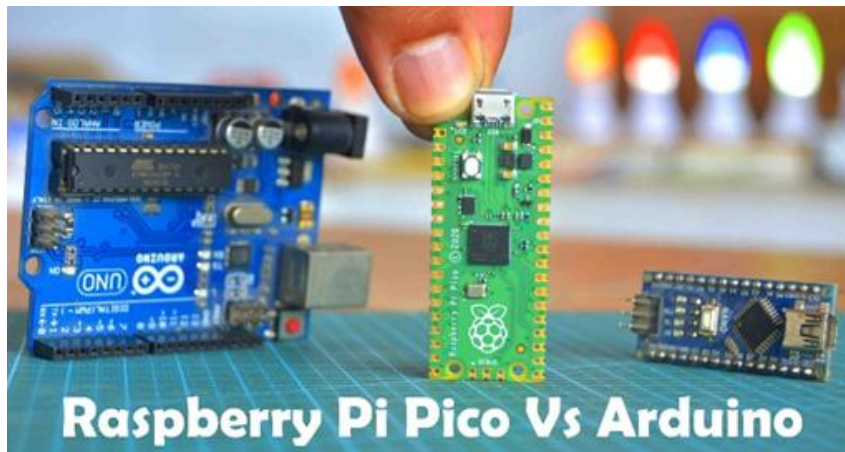
- Sistemas de control con aplicación con Arduino u otro microcontrolador

En el desarrollo de sistemas inteligentes aplicados a vehículos, plataformas como Arduino, ESP32, STM32 y Raspberry Pi Pico se destacan por su capacidad de facilitar la implementación de prototipos funcionales. Estos microcontroladores ofrecen un entorno accesible y de bajo costo, permitiendo la integración eficiente de sensores, procesamiento de

señales y controladores de actuadores, lo que los convierte en herramientas clave para construir sistemas autónomos de monitoreo y control vehicular (García, 2022). La figura 2 muestra un ejemplo de los microcontroladores más usados.

Figura 2

Microcontroladores Didácticos tipo Raspberry y Arduino



Tomado de: <https://acortar.link/HodY4j>

2.1.3 Aplicaciones de los Sistemas de Control con Arduino

Los sistemas digitales y microcontroladores han revolucionado muchos de los aspectos de las distintas industrias a favor de automatizarlos, por tanto, se exploran las características de los Arduinos y módulos didácticos en este párrafo.

- Aplicación en la prevención de recalentamiento

Para prevenir el recalentamiento del motor, es posible diseñar un sistema basado en microcontroladores que recopile datos térmicos y actúe sobre el sistema de refrigeración o genere alertas preventivas. Para prevenir el recalentamiento del motor, es posible diseñar un sistema basado en microcontroladores que recopile datos térmicos y actúe sobre el sistema de refrigeración o genere alertas preventivas. Según (Romero, 2021), el uso de microcontroladores como Arduino y ESP32 en sistemas térmicos permite desarrollar soluciones autónomas capaces de recopilar información en tiempo real, interpretar condiciones térmicas complejas mediante lógica difusa y accionar mecanismos preventivos en motores. Estas tecnologías resultan

especialmente útiles en aplicaciones automotrices, donde la anticipación de fallas como el sobrecalentamiento puede evitar daños graves en el tren motriz. El esquema básico de funcionamiento incluiría:

- Sensado

Sensor de temperatura del motor (ej. LM35, DS18B20, NTC).

Sensor de temperatura del refrigerante.

Lectura del estado del ventilador (con sensor Hall o relé de monitoreo).

- Procesamiento:

Un microcontrolador Arduino o ESP32 recoge los datos y los compara con umbrales configurados.

Se puede emplear una lógica de control proporcional o de tipo difuso (fuzzy logic) para analizar patrones de recalentamiento progresivo.

- Actuación:

Activación de una alarma sonora o visual (bocina, LED).

Comunicación al conductor mediante una pantalla LCD/TFT

- Ventajas de utilizar Arduino u otros microcontroladores:

Accesibilidad: Arduino dispone de una gran comunidad y abundante documentación así como una plataforma libre para programar.

Versatilidad: Compatible con múltiples sensores y protocolos (I2C, SPI, UART).

Prototipado rápido: Ideal para ensayos experimentales antes de escalar a sistemas industriales.

Capacidad de conectividad: Dispositivos como el ESP32 permiten conectividad WiFi o Bluetooth para enviar datos en tiempo real a la nube o a un app de control vehicular, para los Arduinos se deberá agregar un módulo en paralelo que permita dicha conectividad de ser necesario.

2.2. Sistemas de Refrigeración en Motores a Gasolina

El sistema de refrigeración en un motor a gasolina tiene como objetivo principal mantener una temperatura operativa óptima, evitando tanto el sobrecalentamiento como el enfriamiento excesivo. Su correcto funcionamiento garantiza la eficiencia del motor, protege los componentes internos y mejora el rendimiento general del vehículo. En motores modernos, estos sistemas incorporan no solo componentes mecánicos, sino también elementos eléctricos y electrónicos que permiten una supervisión y control más precisos. Según (Méndez, 2022), los sistemas de refrigeración actuales integran sensores de temperatura, módulos de control electrónico (ECU) y actuadores inteligentes, lo que permite una respuesta dinámica ante variaciones térmicas, mejorando el desempeño térmico del motor y reduciendo el riesgo de fallas.

2.2.1 Funcionamiento del Sistema de Refrigeración

El sistema de refrigeración opera mediante la circulación de un fluido refrigerante (mezcla de agua y anticongelante) a través de pasajes internos del bloque motor, cabeza de cilindros y radiador. El calor generado durante la combustión es absorbido por el refrigerante, que posteriormente lo disipa al ambiente a través del radiador.

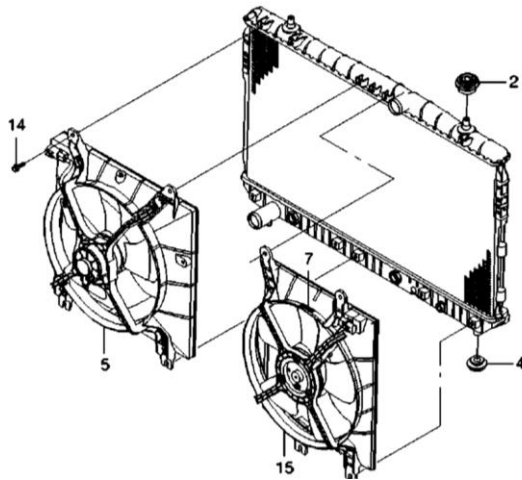
Los componentes principales incluyen:

- Radiador: disipa el calor, mientras lo traslada al ambiente.
- Bomba de agua: impulsa el refrigerante por el sistema.
- Termostato: regula el flujo del refrigerante según la temperatura.
- Ventilador (eléctrico o mecánico): aumenta el flujo de aire a través del radiador, especialmente cuando el vehículo está detenido o a baja velocidad.
- Mangueras y depósito de expansión: permiten la circulación y compensación de volumen del refrigerante.

La figura 3 muestra un ejemplo de la configuración del radiador y ventiladores.

Figura 3

Diagrama Explosionado de Radiador con Doble Ventilador



Tomado de: *Manual de Piezas Chevrolet Optra*, Edición 2007, General Motors, página 85.

En condiciones normales, el termostato permanece cerrado hasta que el motor alcanza una temperatura de operación típica (85–95 °C), momento en el cual se abre para permitir el flujo del refrigerante al radiador. Si la temperatura continúa aumentando, se activa el ventilador eléctrico para mejorar la refrigeración.

- Temperaturas de funcionamiento del motor.

El sensor ECT (Temperatura del Refrigerante del Motor) indica que la temperatura de funcionamiento del motor “La temperatura del refrigerante del motor (ECT) debe estar entre 80 °C y 110 °C para considerarse en condiciones normales de operación” (General Motors, 2009)p. 182.

- Temperatura crítica del motor.

“Si la temperatura excede los 101 °C, el ECM activa el ventilador en velocidad alta. Con el A/C encendido, el ventilador puede activarse hasta los 117 °C.” (General Motors, 2009) p. 182

- Como afecta la presión al punto de ebullición del refrigerante.

La tapa regula la presión del sistema y evita el vacío cuando este se enfría.

“La válvula de presión del tanque de expansión se abre entre 117,7 y 147,1 kPa, lo que eleva el punto de ebullición del refrigerante y permite un funcionamiento más seguro a temperaturas elevadas.” (General Motors, 2009) p. 182.

- Temperaturas de funcionamiento del electroventilador.

“El ECM activa el ventilador en baja velocidad entre 94 °C y 97 °C. En alta velocidad desde 101 °C (A/C apagado), o hasta 117 °C (A/C encendido), dependiendo también de la presión del sistema de A/C.” (General Motors, 2009) p. 187.

2.2.2 Descripción del Sistema Eléctrico y Electrónico del Control

En vehículos modernos, el sistema de refrigeración está conectado con la Unidad de Control Electrónico del Motor (ECU), que regula el encendido del ventilador eléctrico, el monitoreo del sensor de temperatura del refrigerante (ECT), y la estrategia de control térmico del motor (General Motors, 2009). Este sistema se apoya en una red eléctrica compuesta por:

Relés y fusibles que activan el ventilador.

Sensor ECT (Engine Coolant Temperature), que informa en tiempo real a la ECU sobre la temperatura.

Ventiladores eléctricos con dos velocidades .

Actuadores como el termostato electrónico (en algunos modelos recientes).

Tabla 1

Temperatura del Refrigerante del Motor (Sensor ECT)

Condición	Temperatura (°C)	Velocidad del ventilador	Estado del A/C
Baja	94 °C – 97 °C	Baja velocidad	A/C apagado
Alta	≥ 101 °C	Alta velocidad	A/C apagado
Crítica	Hasta 117 °C	Alta velocidad constante	A/C encendido

Las temperaturas se visualizan en la tabla 1. El ventilador se apaga cuando la temperatura del refrigerante desciende a 94 °C o menos, en cualquier condición.

- Presión del sistema de aire acondicionado

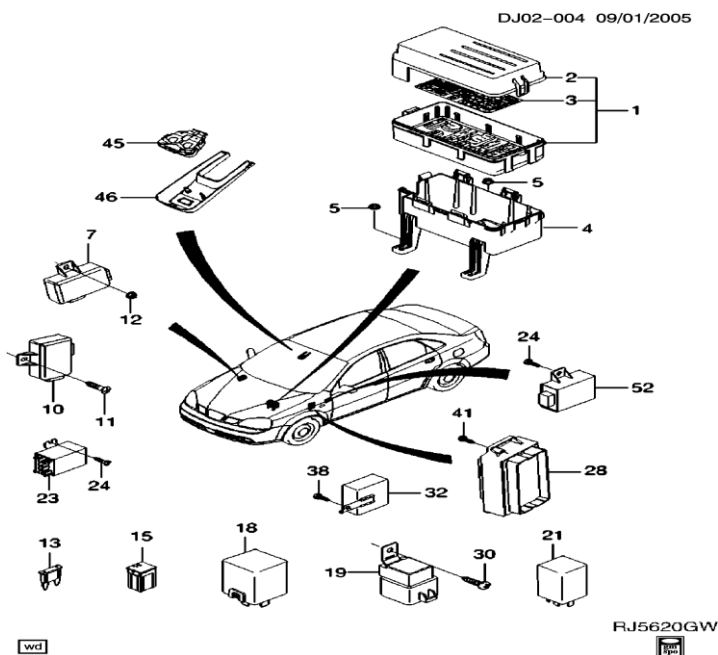
Además de la temperatura, el ECM también regula el ventilador según la presión del refrigerante del A/C:

- Alta velocidad activada: si la presión del A/C supera 1882 kPa (273 psi)
- Baja velocidad activada: si la presión del A/C baja a 1448 kPa (210 psi)
- Esto permite mantener el rendimiento del aire acondicionado y evitar sobrepresión.

La ECU determina, según los datos del ECT y otros sensores (como el de carga del motor o velocidad del vehículo), el momento óptimo para activar el ventilador. En vehículos más recientes, se pueden usar módulos de control dedicados para sistemas de refrigeración activos y controlados por algoritmos adaptativos. Los elementos implicados en los sistemas eléctricos de un vehículo actual se muestran en la figura 4.

Figura 4

Elementos de Control Eléctrico y Electrónico del Vehículo



Tomado de: *Manual de Piezas Chevrolet Optra*, Edición 2007, General Motors, página 229

2.2.3 Explicación del Funcionamiento del ECT Como Medida de Prevención

El sensor de temperatura del refrigerante (ECT) es un componente fundamental para la prevención del recalentamiento del motor. Este sensor, generalmente de tipo termistor NTC, varía su resistencia eléctrica en función de la temperatura del refrigerante. Cuando la temperatura del motor aumenta, la resistencia disminuye, generando un voltaje de salida que es leído por la ECU (General Motors, 2009).

Este valor permite a la ECU:

La activación del ventilador del radiador en momentos o eventos de sobre temperatura críticos.

Gestión y ajuste de la mezcla aire-combustible para evitar combustión irregular cuando el motor está frío.

También de retardar el avance del encendido para así reducir la carga térmica.

Limitar la potencia del motor en aplicaciones industriales y automotrices o incluso iniciar un modo de emergencia o retorno al taller si se detecta sobrecalentamiento.

Generar alertas en panel de instrumentos o el tablero del conductor, también el activar estrategias de protección térmica.

Además, el valor del ECT puede ser utilizado como variable de entrada para un sistema inteligente, como el propuesto en esta tesis, que busca anticiparse a fallos de sobrecalentamiento mediante análisis predictivo y control preventivo.

2.3. Problemas de Recalentamiento

2.3.1 Problemas de Recalentamiento

El recalentamiento de un motor a gasolina puede tener varias consecuencias negativas, algunas de las cuales pueden ser muy graves. Aquí hay algunas de las posibles consecuencias:

“Cuando la temperatura del motor alcanza un límite crítico, puede provocar daños permanentes como el gripado de los pistones o la deformación de la culata.” (System, 2023)

Deformación de piezas metálicas: El exceso de calor puede hacer que las piezas metálicas se deformen, lo que puede afectar su funcionamiento y rendimiento.

Fusiones y fundiciones: En casos extremos, el calor excesivo puede causar que los metales se fundan o se fusionen, lo que puede resultar en la necesidad de piezas clave.

Fallas en el sistema de enfriamiento: El recalentamiento puede dañar los componentes del sistema de enfriamiento, como el radiador, la bomba de agua, los sensores de temperatura y las mangueras, lo que puede provocar fugas y un enfriamiento inadecuado.

Aumento del desgaste: El calor extremo puede acelerar el desgaste de las piezas del motor, lo que reduce su vida útil y aumenta la probabilidad de fallas prematuras.

Pérdida de potencia y eficiencia: Un motor que se recalienta tiende a perder potencia y eficiencia debido a la disminución en la eficacia de la combustión y el deterioro de las piezas internas.

Riesgo de incendio: En casos extremos, el recalentamiento del motor puede provocar que el aceite u otros fluidos se inflamen, aumentando el riesgo de incendio bajo el capó del automóvil como se observa en la figura 5.

Figura 5

Problemas de Recalentamiento del Motor a Gasolina



Tomado de: <https://autosdeprimera.com/recalentamiento-del-motor-y-como-evitarlo/>

Cuando un usuario reporta sobrecalentamiento, el manual indica que se debe verificar si se trata de un recalentamiento real (ebullición del refrigerante) o si únicamente el indicador de temperatura lo muestra de manera incorrecta.

En situaciones de sobrecalentamiento, incluso si los ventiladores de refrigeración están funcionando, puede haber fallas ocultas en el sistema. Se deben revisar componentes como:

- Sensor ECT (Temperatura del Refrigerante)
- Fusibles del sistema de enfriamiento (EF6, EF8, EF21)
- Motor del ventilador
- Relés defectuosos
- Cableado con cortocircuitos o conexiones a tierra en mal estado

También se destaca que, si los fusibles del motor se funden al momento de encender los ventiladores, puede indicar fallo en el motor del ventilador o un corto a masa, lo que contribuye al recalentamiento al impedir la correcta activación del sistema de enfriamiento.

“Si el motor se sobrecalienta y los ventiladores de refrigeración están encendidos, el sistema de refrigeración debe ser revisado. Si los fusibles se abren (soplado) cuando los ventiladores de enfriamiento se activan por el ECM, sospecha que un motor del ventilador de refrigeración defectuoso” (General Motors, 2009) p. 196.

2.3.2 Fallas en Componentes y Soluciones Propuestas

Se revisa la lista de causas probables de acuerdo con el manual de servicio (General Motors, 2009).

- Falla del termostato

Síntoma: El motor se calienta rápidamente o no alcanza la temperatura de funcionamiento adecuada.

Causa: Termostato atascado cerrado o abierto.

Solución:

Reemplazar el termostato por uno original o equivalente certificado.

Verificar que esté calibrado a la temperatura adecuada (usualmente 85–95 °C).

- Sensor ECT defectuoso

Síntoma: Lecturas erráticas de temperatura, ventilador no activa correctamente.

Causa: Sensor da señales incorrectas a la ECU, impidiendo la activación del ventilador.

Solución:

Diagnosticar con escáner y multímetro.

Reemplazar el sensor de temperatura del refrigerante (ECT).

Verificar la resistencia del sensor según la temperatura y manual del fabricante.

- Falla en el motor del ventilador

Síntoma: El ventilador no enciende, incluso a temperaturas elevadas.

Causa: Motor quemado, relé dañado o fusible fundido.

Solución:

Verificar fusibles y relés.

Comprobar voltaje de entrada al motor del ventilador.

Cambiar el motor del ventilador si no hay respuesta a corriente directa.

- Tapa del radiador o del depósito dañada

Síntoma: Pérdida de presión en el sistema, ebullición prematura del refrigerante.

Causa: El tapón no mantiene presión (debería estar entre 117,7 y 147,1 kPa.).

Solución:

Reemplazar el tapón por uno nuevo y especificado para el modelo.

Verificar presión con un tester de tapones de radiador.

- Radiador obstruido o sucio

Síntoma: Alta temperatura sostenida, especialmente en tráfico.

Causa: Acumulación de sarro o suciedad en los canales internos o aletas del radiador.

Solución:

Realizar limpieza con químicos especializados (flush).

En casos graves, cambiar el radiador.

Verificar circulación del refrigerante con la tapa abierta (motor en marcha fría).

- Bomba de agua defectuosa

Síntoma: No hay circulación del refrigerante, fugas o ruidos extraños.

Causa: Desgaste en el eje o el impulsor de la bomba.

Solución:

Verificar fugas, ruidos y juego en la polea.

Cambiar la bomba por una nueva y reemplazar la correa de ser necesario.

- Mal purgado del sistema

Síntoma: Presencia de burbujas, temperatura oscilante.

Causa: Aire atrapado tras cambio de refrigerante o reparación.

Solución:

Purgar correctamente usando el tornillo de purga (si aplica) o método de llenado gradual con motor encendido.

Inclinar el vehículo o usar embudo especial de purgado.

- Fuga de refrigerante

Síntoma: Nivel bajo de refrigerante, presencia de charcos o manchas.

Causa: Fugas en mangueras, radiador, bomba de agua o juntas.

Solución:

Revisar presión con tester de fugas similar al indicado en la figura 6.

Reemplazar componentes dañados y utilizar selladores solo en emergencias la prioridad la tendría el reemplazo de los componentes afectados con las piezas reguladas por el fabricante del vehículo y/o motor.

Figura 6

Pruebas de Presión del Sistema de Enfriamiento



Capítulo III

Desarrollo e Implementación del Sistema Inteligente con Sensores y Alarmas

Los beneficios de los sistemas de control inteligente con el uso de sensores y alarmas para prevenir al conductor sobre el recalentamiento del motor son muy amplios en términos económicos, de disponibilidad y fiabilidad del auto.

3.1. Características del Vehículo a Utilizar con la Implementación

Para implementación se usó un vehículo comercial con el fin de poder simular las condiciones estándar de funcionamiento y tener a la mano los recursos necesarios para este auto como son scanner y sensores típicos.

3.1.1 Descripción del Vehículo

El Chevrolet Optra 2007, un vehículo compacto de uso común en Ecuador está equipado con un motor a gasolina de 1.8L DOHC, con cuatro cilindros y 16 válvulas. Su sistema de refrigeración se compone de elementos clave como el radiador, ventilador eléctrico, sensor de temperatura del refrigerante (ECT) y termostato, todos controlados electrónicamente por la ECU (Unidad de Control del Motor). Este conjunto permite una regulación automática de la temperatura en función de condiciones térmicas y operativas.

Según el manual técnico, el sistema de enfriamiento del Optra puede presentar problemas de recalentamiento, incluso cuando los ventiladores están activos, debido a fallos en componentes como el motor del ventilador, sensores o relés (General Motors, 2009) p. 196. Esto lo convierte en un modelo relevante para el estudio y aplicación de un sistema inteligente de prevención de sobrecalentamiento, empleando tecnologías como el uso del Arduino.

3.1.2 Descripción del Circuito Eléctrico del Sistema de Refrigeración

El sistema de refrigeración del Chevrolet Optra 2007 incorpora una combinación de componentes eléctricos y electrónicos que permiten un control eficiente de la temperatura del

motor, activando o desactivando elementos según las lecturas del sensor de temperatura del refrigerante (ECT).

Componentes principales del circuito eléctrico de control del ventilador:

Sensor ECT (Engine Coolant Temperature): mide la temperatura del refrigerante y envía una señal de voltaje variable a la ECU.

ECU (Unidad de Control Electrónico): interpreta la señal del ECT y, según su programación interna, decide cuándo activar el ventilador.

Relé del ventilador: actúa como interruptor de potencia, permitiendo que la corriente fluya hacia el ventilador cuando la ECU lo ordena.

Ventilador eléctrico: se encarga de forzar el paso de aire por el radiador para disipar el calor.

Fusible: protege el circuito ante sobrecorrientes, evitando daños a los componentes.

Secuencia de funcionamiento del sistema:

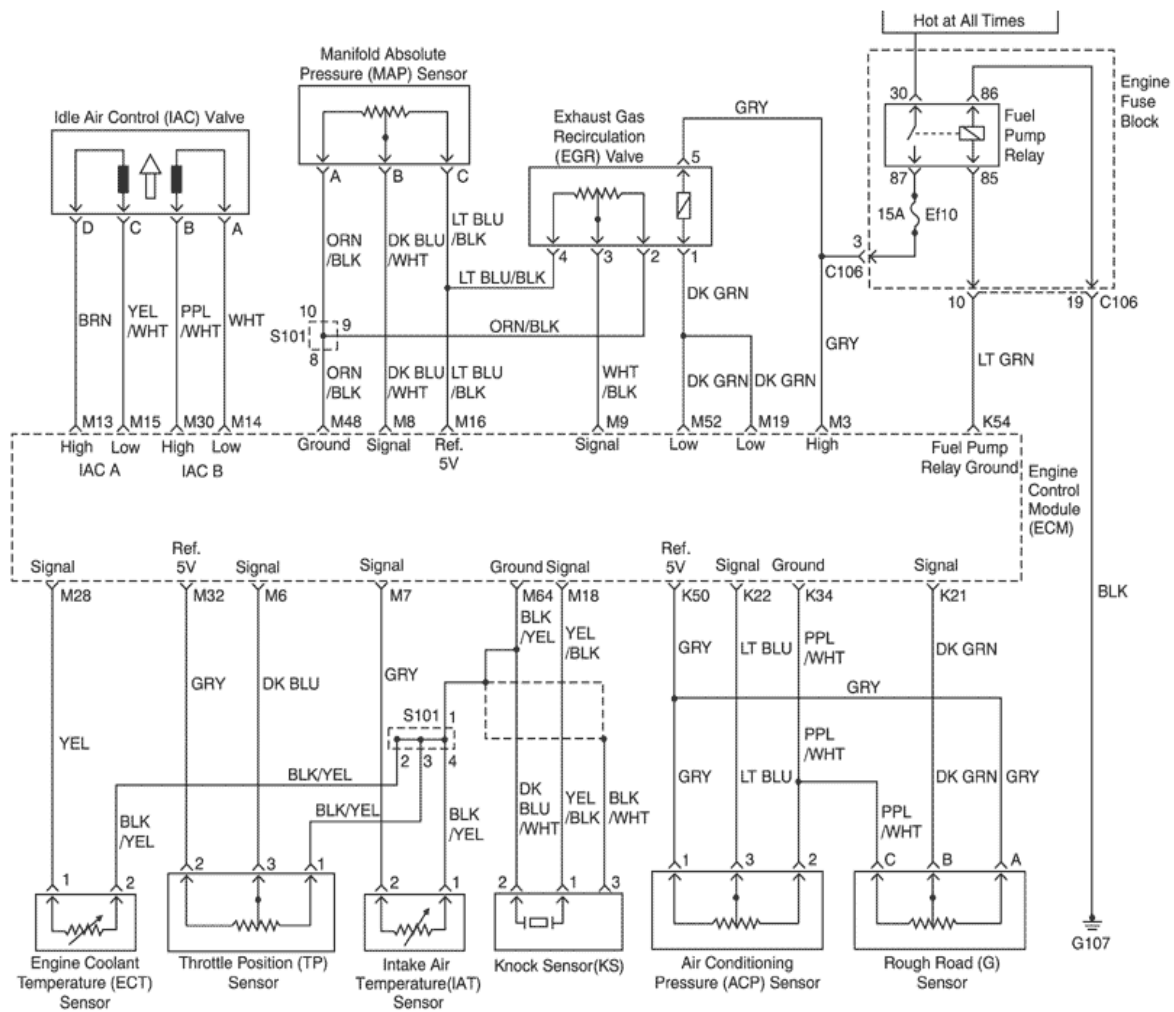
Al encender el vehículo, el sensor ECT comienza a monitorear la temperatura del refrigerante.

Si la temperatura supera los 94 °C a 97 °C, la ECU activa el relé para encender el ventilador a baja velocidad.

Si la temperatura alcanza los 101 °C o más, el ventilador pasa a alta velocidad (General Motors, 2009) p. 182

El ventilador permanece encendido hasta que la temperatura baja a aproximadamente 88–90 °C, momento en el cual la ECU desactiva el relé y detiene el ventilador.

El circuito incluye fusibles dedicados para el sistema de enfriamiento (EF6, EF8, EF21) que protegen el sistema frente a cortocircuitos o sobrecorrientes (General Motors, 2009) p. 196. Un esquema del funcionamiento de la gestión electrónica con sus elementos principales del motor electrónico se exhibe en la figura 7.

Figura 7*Diagrama Eléctrico de la Gestión Electrónica del Motor*

Tomado de: *Manual de Servicio Chevrolet Optra*, Edición 2007, General Motors, página 299

3.2. Elaboración del Sistema

3.2.1 Descripción de Partes del Circuito

Para facilitar su identificación se muestra los elementos que destacan del proyecto en esta sección del módulo , con el fin de identificarlos de manera visual y poderlos interpretar durante el desarrollo del contexto completo y su interacción con los demás elementos.

- Sensores de temperatura

Sonda de temperatura DS18B20 de la figura 8 , medirá la temperatura real en el auto , se usan 2 como respaldo

Figura 8*Sonda de Temperatura DS18B20*

- Pantalla LCD para mensajes

Se usó un TFT LCD 3,5" que permite montaje directo sobre el Arduino similar a la de la figura 9.

Figura 9*Pantalla LCD TFT LCD 3,5"*

- Microcontrolador didáctico

Módulo Arduino Mega se seleccionó por su versatilidad y facilidad de programación considerando las múltiples pruebas realizadas.

Según (Bonifaz, 2017), la implementación de sistemas electrónicos programados en Arduino permite desarrollar soluciones integradas para el control y monitoreo de condiciones críticas en vehículos, lo cual puede extenderse a aplicaciones como la prevención del sobrecalentamiento del motor mediante sensores, alertas y visualización en tiempo real. Como ejemplo la figura 10.

Figura 10

Arduino Mega 2560 Usado en Proyecto



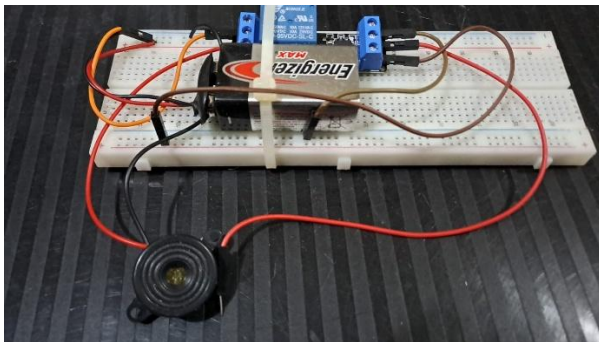
- Sistema de alarma o buzzer

La figura 11 muestra un buzzer o zumbador de 12 voltios que alerte al conductor.

Uso de un relé de 5V para encender el Buzzer en caso de sobrecalentamiento extremo.

Figura 11

Combinación de Relé y Buzzer para Activación de Alarma Sonora



- Programa o codificación

Se busca la integración del sensor de temperatura.

Mostrar en dígitos más un decimal la temperatura en grados Celsius para esto se confirmaría con otro medio de medición como es un termómetro , termocupla o scanner al usar el mismo sensor instalado en el auto .

La latencia también se deberá modificar para obtener una velocidad de respuesta acorde a lo requerido. La figura 12 detalla un ejemplo de cómo sería la interfaz de la pantalla ya programada.

Figura 12

Vista Preliminar de Programación de Pantalla sin Elementos Conectados



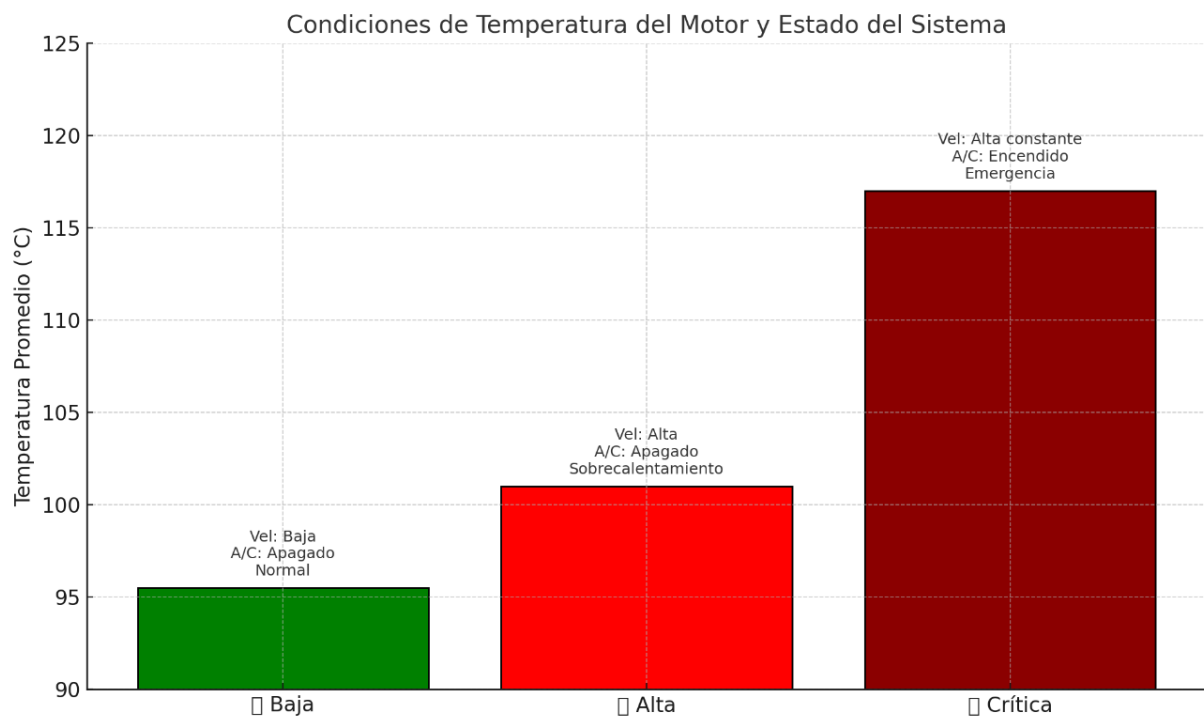
Generar un umbral de funcionamiento para comparar la temperatura y generar alertas de acuerdo con la temperatura normal y crítica de funcionamiento y de acuerdo con esta gráfica.

Los elementos en pantalla se describen como :

Estado de motor; T1 (Entrada Radiador); T2 (Salida Radiador); DIF (Temperatura diferencial); Estatus de calentamiento del motor. La figura 13 detalla esta interacción.

Figura 13

Temperaturas de Funcionamiento del Sistema de Refrigeración – Chevrolet Optra 2007



3.2.2 Diseño del Sistema Inteligente

- Activación de buzzer si el motor se recalienta.

El Arduino Mega destaca por su amplia capacidad de programación y su gran número de pines, lo que lo hace ideal para proyectos complejos que requieren múltiples entradas y salidas.

De acuerdo con los criterios que busca este proyecto y la lógica de funcionamiento de este motor y según estas temperaturas se programa lo siguiente:

El buzzer actúa como una alerta sonora complementaria que se activa únicamente en condiciones críticas de temperatura. Su lógica de activación es acorde a la tabla 2.

Tabla 2

Criterios de Funcionamiento de la Alarma o Buzzer

Nivel térmico	Rango de temperatura (°C)	Estado del buzzer	Comportamiento
Baja	$T1 \text{ o } T2 < 94$	Apagado (LOW)	Sin sonido
Normal	$94 \leq T1 \text{ y } T2 \leq 100$	Apagado (LOW)	Sin sonido
Alta	$101 \leq T1 \text{ y } T2 \leq 117$	Intermitente cada 500 ms	Parpadeo 0.5 s ON / 0.5 s OFF
Crítica	$T1 \text{ o } T2 > 117$	Encendido continuo (HIGH)	Sonido constante
Parada inminente	Si persiste >30 s en crítica	Encendido continuo	Parada forzada

- Lógica y programación en pantalla.

La pantalla sugerida se implementa directamente sobre el Arduino como lo muestra la figura 14 haciendo muy sencillo la interfaz física de tal manera que quedó poco a modificar y los pines libres del Arduino podrán usarse fácilmente.

Tiene una alimentación externa de 5V gracias al uso de un regulador de voltaje que facilitó la alimentación de este y otros elementos como relés y sensores de temperatura mediante unas borneras dedicadas a este voltaje auxiliar.

Figura 14*Conexión Básica entre TFT LCD 3,2" y Arduino Mega*

3.2.3 Lista de Elementos a Usar en el Proyecto

Los elementos listados se usaron para el desarrollo del proyecto, se agrega la cantidad del elemento usado un código de acuerdo con las facturas de la electrónica y una breve descripción que permitiría se identifique en una futura compra los tipos de elementos y cantidades a utilizar .

Todos los elementos en la lista se pudieron ubicar en una electrónica convencional y se destaca la facilidad con que los insumos pueden conseguirse a fin de reforzar la viabilidad del proyecto.

Por ahora se utilizó los insumos comerciales y presentaciones disponibles sin embargo resulta sencillo encontrar vía web los elementos especiales, adaptables o configurables de acuerdo al tipo de montaje o la expectativa de vida útil que se requiera en cada caso así como insumos adicionales adaptables al proyecto como un soporte oficial de esta pantalla o también una caja de proyectos más acorde a la necesidad puntual en términos de vibración , temperatura , hermeticidad , entre otras necesidades puntuales.

La tabla 3 muestra la lista y cantidades estas están separadas de acuerdo con el código de la electrónica y nombre comercial.

Tabla 3*Lista de Elementos del Proyecto*

Código	Descripción	Cantidad Total
KW365	Termoencogible x metro 14mm	1
NC6305EXMT	Cable utp x metro cat-6 exterior netcord	3
KW364	Termoencogible x metro 10mm	1
KW361	Termoencogible x metro 7.0mm	1
NC020	Termoencogible x metro 4.0mm negro	1
TMX3P	Terminal molex 3 pin c/cable	4
CB5521M	Cable plug dc/dc 2a 2.1*5.5 1m imp	1
PPB102	Caja p/exterior impermeable sonoff	1
CIRM104W	Bornera 10a blanca imp	2
XR530	Cable socket jst xh2.54mm 6pin 10cm	4
LED1000	Led 5mm rojo alto brillo	2
AC230	Buzzer mediano 3-24v 2pin sfm-27 blanco	1
AA299	Lcd touch screen 3.5 pulgadas arduino uno	1
AF113	Buzzer mediano 3-24v 95db negro	1
RES4.7K-1/2	Resis 4.7k-1/2w	5
AB056	Sensor nivel d/agua	1
AB041	Termocupla sensor ds18b20	2
NA509	Modulo reloj tiempo real rtc ds3231 at24c32 iic	1
AA104	Modulo stepdown lm2596s dc-dc in 4.5-40v out 1.5-35v 3a	1
AA045	Cable jumper x40 20cm macho/macho	1
CR2032-BP1	Pila cr2032 lithium westinghouse blister x1	1
AA044	Cable jumper x40 20cm macho/hembra	1
MEGA 2560	Arduino mega	1
312-9213	Soporte celular	1
SRD 05VDC R	Relé 5 voltios 1 canal	1

3.2.4 Estrategia de Funcionamiento del Sistema

La estrategia de funcionamiento del sistema propuesto se basó en la supervisión en tiempo real de la temperatura del motor, específicamente en los puntos de entrada y salida del refrigerante, utilizando dos sensores digitales DS18B20 conectados a un microcontrolador Arduino Mega 2560. Esta configuración permite comparar la variación térmica dentro del sistema de refrigeración y detectar posibles signos de sobrecalentamiento o ineficiencia.

La lectura de ambos sensores se realiza de manera continua mediante el protocolo OneWire, y los valores obtenidos son procesados por el microcontrolador para determinar el estado operativo del motor. Los datos se muestran en una interfaz visual compuesta por una pantalla TFT de 3.5 pulgadas, organizada en secciones que informan al operador sobre el estado del motor, las temperaturas medidas, el nivel de riesgo térmico y la fecha y hora del evento.

El sistema clasifica las condiciones térmicas en tres niveles: normal, ligeramente alta y crítica. En caso de alcanzar una temperatura crítica (igual o superior a 110 °C) en cualquiera de los sensores, se activa una alarma acústica a través de un zumbador (buzzer) y se inicia una cuenta regresiva de 30 segundos. Si en este tiempo no se produce una disminución de la temperatura, el sistema ejecuta un protocolo de parada visual, indicando la necesidad de detener el motor por seguridad. La tabla 4 muestra el funcionamiento y lógica de las advertencias.

Tabla 4

Estrategia de Funcionamiento del Sistema y Mensajes

Condición	Temperatura (°C)	Velocidad del Ventilador	Estado del A/C	Nivel de Severidad
Baja	94 °C – 97 °C	Baja velocidad	A/C apagado	Normal / Inicio de calentamiento
Alta	≥ 101 °C	Alta velocidad	A/C apagado	Sobrecalentamiento
Crítica	Hasta 117 °C	Alta velocidad constante	A/C encendido	Riesgo crítico / Emergencia

Esta estrategia busca anticiparse a fallas mayores, proteger el bloque del motor y brindar al operador información clara, oportuna y jerarquizada para tomar decisiones rápidas. La visualización constante del estado del sistema y la retroalimentación sonora aseguran una supervisión efectiva sin requerir intervención constante, favoreciendo así la automatización y confiabilidad del monitoreo térmico en vehículos o máquinas motorizadas.

3.2.5 Desarrollo del Circuito de Control de Prevención

Para el desarrollo del prototipo se creó en una herramienta digital el esquemático del circuito de acuerdo con lo aprendido en torno al diseño de diagramas y esquemas a fin de poder desarrollar de manera estándar el circuito y que sea replicable fácilmente.

Se buscó los componentes citados ya en la librería de Proteus y se efectuó el circuito cuidando de repasar todas las conexiones y usando los pines apropiados del circuito original :

- Pines DS18B20 para la señal del sensor que entra al Arduino.

“ONE_WIRE_BUS_1 37 // Entrada”

“ONE_WIRE_BUS_2 38 // Salida”

- Pines de salida Para la activación de los elementos externos como la alarma.

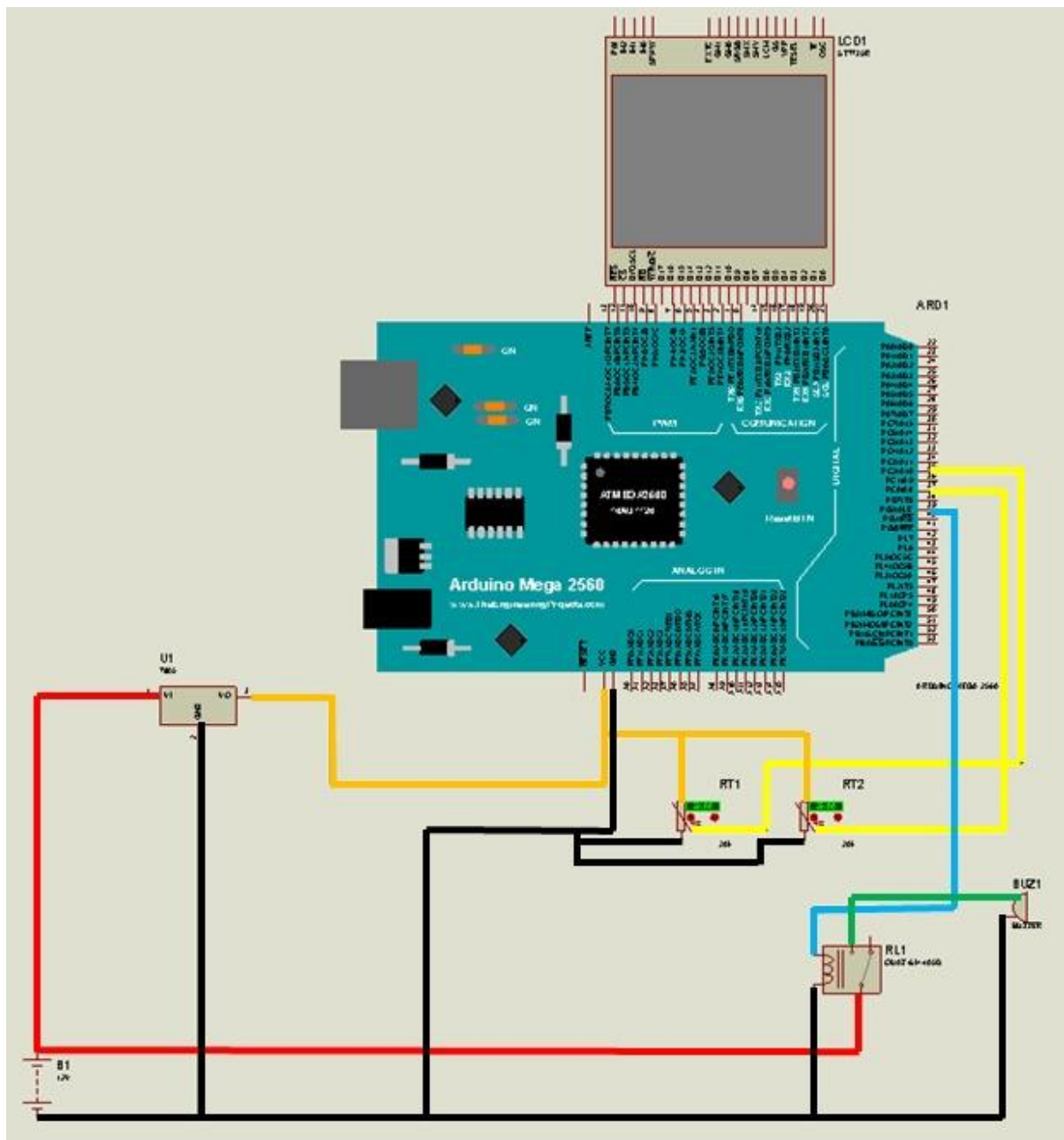
“onst int pinRele = 35;”

Entre los elementos de la librería destaca que no estaban disponibles todos y tocó descargarlos hacia la librería para poder efectuar el diagrama.

Para las conexiones de 12V se utilizó el color rojo considerando diferenciar de los voltajes de control de 5V que saldrían en color naranja.

Las conexiones a tierra vendrían de color negro y los circuitos controlados y de señal vendrían de múltiples colores como verde, cian y amarillo en el programa también se editan parámetros y dimensiones.

Diagrama eléctrico del circuito flotante ejemplificado en la figura 15 y usado para el desarrollo inicial del programa y hacerlo replicable .

Figura 15*Diagrama del Circuito Flotante*

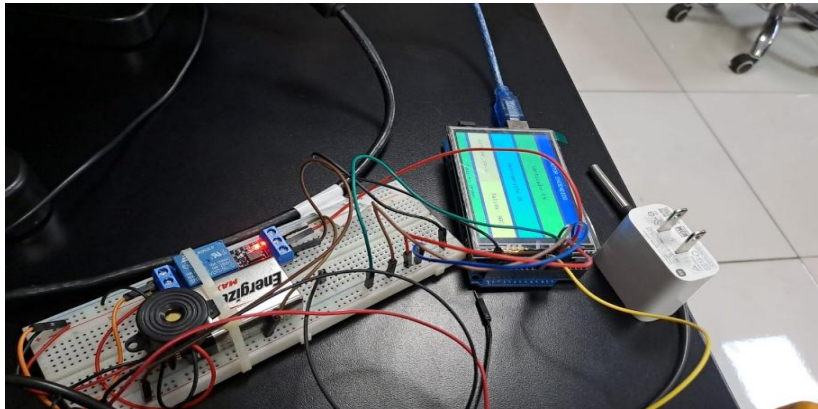
Seguido de esto se desarrolló de manera física el prototipo.

- Representación del circuito flotante en protoboard por comprobaciones.

Se instaló los elementos del proyecto para comprobar su funcionamiento como la figura 16, esto incluye el buzzer , el relé de 5V, los sensores de temperatura y el módulo regulador de voltaje.

Figura 16

Representación del Circuito Flotante de este Proyecto



Con este montaje se realizó pruebas y confirmaciones del real estado de funcionamiento de los componentes, la eficacia del sistema se comprobó en paralelo al uso de un multímetro FLUKE 88v dando como resultado una variación de $0,9^{\circ}\text{C}$ lo cual nos asegura mucha precisión de los resultados.

$$T1 \text{ SI} = 34,9^{\circ}\text{C} \text{ Vrs FLK} = 34^{\circ}\text{C} \quad \text{y} \quad T2 \text{ SI} = 33,1^{\circ}\text{C} \text{ Vrs FLK} = 33,5^{\circ}\text{C}$$

Figura 17

Comprobación de Lecturas Tomadas con el Sistema



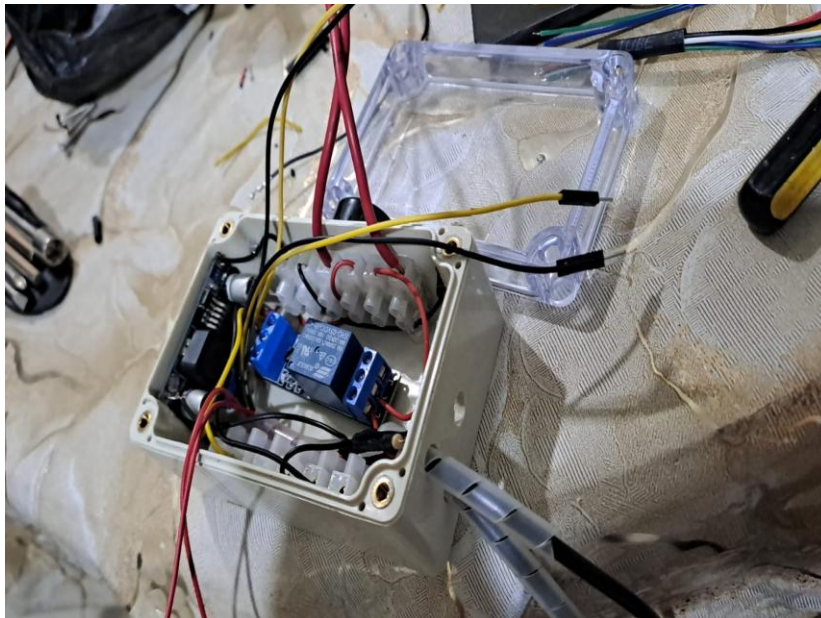
3.3. Adaptación del Sistema Inteligente en el Vehículo

3.3.1 Caja de Proyectos para Alojar los Componentes

Selección de caja: Se seleccionó una caja para proyectos de material plástico (con buen aislamiento térmico y resistencia a vibraciones) como se muestra en la figura 18 lo normal en tamaño para albergar la placa controladora (regulador de voltaje), relés, y conexiones eléctricas. Se detalla el tipo de caja CAJA P/EXTERIOR IMPERMEABLE SONOFF.

Figura 18

Caja de Proyectos con Componentes Montados



3.3.2 Adaptación de la Pantalla en el Parabrisas

Selección del soporte: Se utilizó un soporte universal para celular con base fija que pueda sujetarse al tablero o rejillas de ventilación.

Se colocó en soporte cual si fuera un teléfono para sujetar firmemente la pantalla táctil como se muestra en la figura 19 (TFT o pantalla LCD) y luego se enrutó los cables.

La caja de proyectos se alimentó con un voltaje conmutado de modo que cuando el auto se enciende también esta, luego de esto se guio los componentes por debajo del tablero y se sujetó firmemente cual si fuese un módulo de alarmas.

Figura 19

Instalación de Pantalla y Arduino en Soporte para Celular a la Vista del Conductor



3.3.3 Sensores de Temperatura Conectados al Radiador

Tipo de sensores: Se usó sensores tipo termistor o sensores digitales (como DS18B20) resistentes a altas temperaturas y líquidos cuyo rango de trabajo está entre -40°C y 125°C .

Ubicación de los sensores:

Uno en la manguera de entrada del radiador (la que viene del motor hacia el radiador).

Otro en la manguera de salida del radiador (la que regresa del radiador al motor).

Fijación:

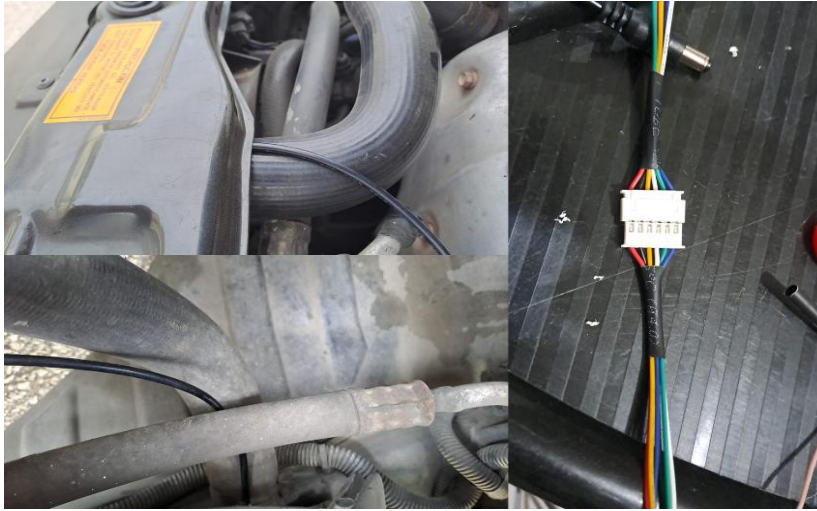
Se fijó con un pequeño orificio en la manguera para insertar una sonda del sensor (usando adaptadores especiales o abrazaderas con sensor embutido) , se muestra en la figura 20 el cableado de los sensores de temperatura.

Conexión eléctrica: Los cables de los sensores se llevan cuidadosamente hasta la caja de proyectos. Usar conectores impermeables o termo-retráctiles para proteger las conexiones del agua y suciedad.

Calibración: Se verificó las lecturas de temperatura con un multímetro y se confirmó que los sensores detectan correctamente la temperatura del refrigerante.

Figura 20

Ubicación de Sensores y Conectores a la Entrada y Salida del Radiador



3.3.4 Cableado General y Alimentación

Alimentación: Se tomó la alimentación del sistema del circuito eléctrico del vehículo, preferiblemente del circuito de accesorios (12V) que se activa con la llave.

Protección: Se instaló un fusible adecuado para proteger el sistema en caso de cortocircuitos.

Manejo de cables: Organizar los cables con bridas o mangueras corrugadas para evitar que se enreden o se dañen.

3.3.5 Instalación Final en el Vehículo

Se completó la instalación del sistema inteligente en el vehículo utilizando el prototipo(Figura 18)

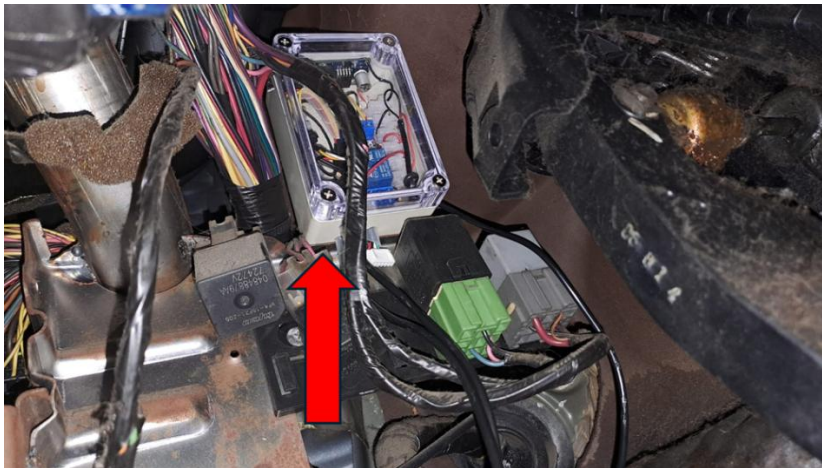
La caja de componentes fue montada dentro de una caja impermeable de plástico resistente a vibraciones (Figura 18), mientras que la pantalla táctil fue fijada al parabrisas mediante un soporte universal para celulares, orientado hacia el conductor (Figura 19). Los cables fueron guiados bajo el tablero y conectados a una fuente conmutada para que el sistema se encienda con el vehículo, de modo que la caja de proyectos se aseguró contra otros elementos de la instalación eléctrica cual si fuese una alarma.

Se instalaron sensores de temperatura tipo DS18B20 en las mangueras de entrada y salida del radiador (Figura 20), usando adaptadores especiales para su fijación. Las conexiones eléctricas se protegieron con conectores impermeables y termo-retráctiles, y las lecturas se calibraron con instrumentos de medición confiables.

El sistema terminado de la figura 21 se alimenta desde el circuito de accesorios del vehículo (12 V), protegido con un fusible adecuado. Todo el cableado fue organizado con bridas y mangueras corrugadas para mayor seguridad y durabilidad.

Figura 21

Instalación Final en el Auto



Capítulo IV

Análisis de Funcionamiento del Sistema

En este apartado evaluó el comportamiento del sistema inteligente de monitoreo y prevención de recalentamiento en distintos rangos de temperatura, simulando condiciones reales de operación del motor, este comportamiento dado a la configuración previa en lo correspondiente a rangos de temperatura y rangos de trabajo seleccionados.

Se espera el correspondiente comportamiento del sistema de alarmas mediante mensajes y alarma sonora con el fin de prevenir al conductor ante el eminente problema de sobre temperatura y así evitar sus consecuencias.

Partimos de una temperatura inicial en el rango bajo, donde muestra el mensaje de “TEMPERATURA BAJA” de color verde según lo levantado en la figura 22 como indicador de que no existen condiciones anormales.

Figura 22

Condición Inicial de Funcionamiento del Sistema Inteligente



Destaca en la imagen los 2 medios de medición, se usó el Sistema Inteligente y el scanner automotriz a fin de medir la eficacia del sistema instalado en comparación con el medio estándar del auto mediante el sensor ETC instalado y los sensores de temperatura adicionales.

Para que la temperatura suba se retiró los relés de alta y baja de los ventiladores llegando a la condición de temperatura crítica en 20 minutos aproximadamente y derramó el refrigerante.

4.1. Verificación del Sistema a Temperaturas Normales

4.1.1 Condición de Prueba 1

Para dicho efecto se encendió el motor llevando a la temperatura normal de funcionamiento simplemente dejándolo encendido considerando que al no encender el ventilador el motor alcanzaría rápidamente el rango normal de funcionamiento a temperaturas de entre 94 °C – 97 °C de acuerdo con la tabla 3 del apartado anterior .

Se monitoreó mediante el scanner la temperatura de funcionamiento y a la par usando el sistema que arrojó los siguientes resultados:

Condiciones iniciales simuladas: Motor frío (temperaturas entre T ambiente y 97 °C).

Resultado esperado: El sistema debe mantenerse en modo normal, sin alertas.

Comportamiento observado:

- El sensor de temperatura instalado DS18B20 detecta valores bajos.
- La pantalla muestra el estado como "TEMPERATURA NORMAL " (color celeste).
- No se activan relés, bocinas ni indicadores LED.

El sistema reconoce correctamente el estado normal y no emite alertas erróneas como se muestra en la figura 23.

Figura 23

Lecturas de Condición de Temperatura Normal

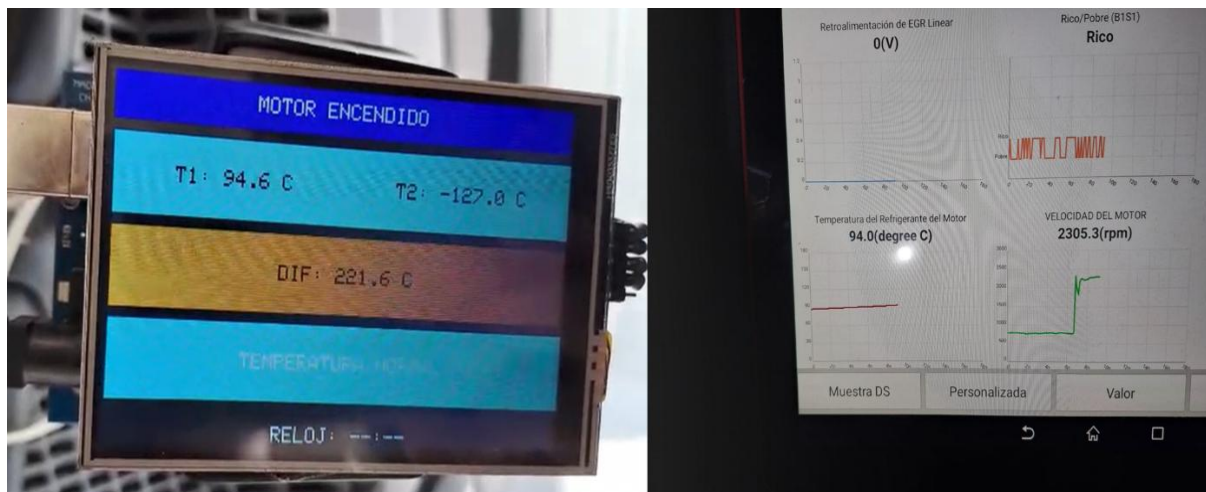


Tabla 5*Lecturas del Sistema a Temperaturas Normales*

Ítem	Lectura Si (°C)	Lectura SCANNER (°C)	Observaciones (°C)
1	94,6	94,0	0,6
2	97,5	97,0	0,5

En la tabla 5 se ve la diferencia de temperaturas entre la lectura del scanner y el sistema inteligente es máxima de 0,6 % , evidenciando que el sistema si cumple detallando la condición de temperatura normal del motor acorde a lo planteado.

4.2. Verificación del Sistema a Temperaturas Altas

4.2.1 Condición de Prueba 2

Para dicho efecto con el motor encendido y regulado se procedió a retirar el relé de los ventiladores , al no encender los ventiladores el motor alcanzaría rápidamente el rango alto de funcionamiento a temperaturas de entre 101 °C – 116 °C de acuerdo con la tabla 3 del apartado anterior.

Se monitoreó mediante el scanner la temperatura de funcionamiento y a la par usando el sistema que arrojó los siguientes resultados:

Condiciones simuladas: Motor sin ventiladores (temperaturas entre 101°C y 116°C).

Resultado esperado: Activación de alerta preventiva sin interrupción del funcionamiento del vehículo.

Comportamiento observado:

Sensor detecta el rango medio-alto.

La pantalla emite advertencia: “TEMPERATURA ALTA” (color amarillo).

Se activa un aviso sonoro intermitente.

El sistema previene al conductor con mensajes como el de la figura 24 antes de llegar a un estado crítico mediante un ruido molesto que indica claramente que algo anda mal.

Figura 24*Lecturas de Condición de Temperatura Altas***Tabla 6***Lecturas del Sistema a Altas Temperaturas*

Ítem	Lectura Si (°C)	Lectura SCANNER (°C)	Observaciones (°C)
1	105,4	106.0	0,6
2	107,8	108.0	0,2

La tabla 6 muestra la diferencia de temperaturas entre la lectura del scanner y el sistema inteligente es del $0,6^{\circ}\text{C}$, evidenciando que el sistema si cumple detallando la condición de temperatura alta del motor acorde a lo planteado.

4.3. Verificación del Sistema a Temperaturas Críticas

4.3.1 Condición de Prueba 3

Para dicho efecto con el motor encendido y el relé de los ventiladores fuera , al no encender los ventiladores el motor alcanzaría rápidamente el rango crítico de funcionamiento a temperaturas de sobre 107°C de acuerdo con la tabla 3 del apartado anterior

Se monitoreó mediante el scanner la temperatura de funcionamiento y a la par usando el sistema que arrojó los siguientes resultados:

Condiciones simuladas: Motor sin ventiladores (temperaturas sobre 117°C).

Resultado esperado: Activación de alerta máxima sin interrupción del encendido.

Comportamiento observado:

Sensor detecta el rango crítico.

La pantalla emite advertencia: “TEMPERATURA CRÍTICA”.(color rojo)

Se activa un aviso sonoro constante y una alerta de color rojo al final donde sugiere el apagado del motor para evitar daños, ejemplo en la figura 25.

El sistema previene al conductor antes de llegar a un estado crítico mediante un ruido molesto que indica claramente que algo anda mal.

Figura 25

Lecturas de Condición de Temperaturas Críticas

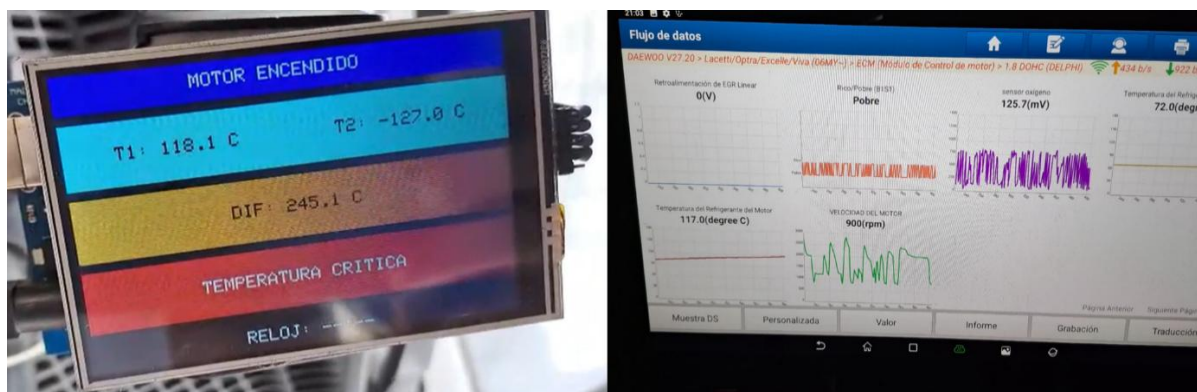


Tabla 7

Lecturas del Sistema a Temperaturas Críticas

Ítem	Lectura Si (°C)	Lectura SCANNER (°C)	Observaciones (°C)
1	118,1	117	1,1
2	120	118	2

La tabla 7 muestra la diferencia de temperaturas entre la lectura del scanner y el sistema inteligente es del 2°C, evidenciando que el sistema si cumple detallando la condición de temperatura crítica del motor acorde a lo planteado.

Consecuencias adicionales: El refrigerante se expulsó del motor y la pluma del tablero se fue a rojo de forma repentina como lo muestra la figura 26.

Figura 26

Evidencias del Exceso de Temperatura y Derrame de Refrigerante



4.4. Análisis Final de Funcionamiento del Sistema

Se utilizaron dos medios de medición el sistema inteligente desarrollado y un scanner automotriz para verificar la eficacia del sistema ante distintas condiciones de temperatura del motor.

Se buscó hacer un comparativo de todas las condiciones de pruebas y los resultados en una sola, la tabla 8, este resumen muestra las lecturas del sistema inteligente Si y las lecturas obtenidas del scanner automotriz Launch el cual se usó como medio de comparación de las lecturas del sistema.

A continuación, los resultados de las 3 pruebas realizadas se muestran en la tabla 8.

Tabla 8

Comparativo de Todas las Pruebas y sus Resultados

Ítem	Lectura Si (°C)	Lectura SCANNER (°C)	Observaciones
1	94,6	94,0	Normal
2	97,5	97,0	Normal
1	105,4	106,0	Alto
2	107,8	108,0	Alto
1	118,1	117,0	Crítico
2	120,0	118,0	Crítico

Se analizó las pruebas y sus resultados con las siguientes conclusiones :

Durante la prueba en temperatura normal (94 °C – 97 °C), el sistema no generó alertas, mostrando un funcionamiento estable y con una diferencia máxima de 0,6 °C frente al scanner.

En condición de temperatura alta (101 °C – 116 °C), se activó una alerta sonora intermitente y el mensaje “TEMPERATURA ALTA”, con una diferencia de solo 0,6 °C entre ambas lecturas.

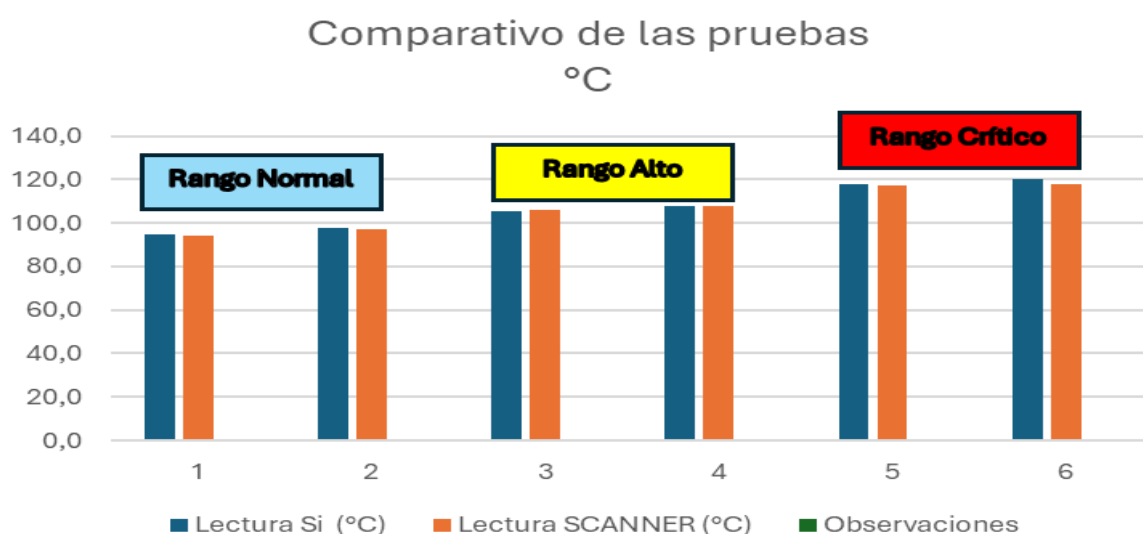
Finalmente, en temperatura crítica (más de 117 °C), el sistema emitió una alerta visual en rojo y un sonido constante, recomendando apagar el motor. La diferencia fue de hasta 2 °C, y el motor expulsó refrigerante, confirmando la situación de riesgo.

En todas las pruebas, el sistema inteligente reaccionó correctamente, con mediciones precisas y alertas efectivas, validando su utilidad como mecanismo preventivo frente al sobrecalentamiento.

La gráfica de la figura 27 nos permite tener una impresión visual de lo experimentado y la eficacia del sistema leyendo temperaturas de funcionamiento del motor directamente desde el radiador o en su defecto del mismo punto de montaje del sensor de ETC según aplique.

Figura 27

Gráfica Comparativa de Todas las Pruebas y sus Resultados



Conclusiones

A través de la investigación técnica realizada se identificaron las causas del recalentamiento dado a fallas en el sistema de enfriamiento como el fallo de los ventiladores , fallas en el termostato , fugas de refrigerante , bomba de agua defectuosa y como resultado que el motor llegue a temperaturas críticas como 117°C como se mostró siendo esta la base de desarrollo del proyecto .

Se logró diseñar a medida un sistema de detección de sobrecalentamiento del motor usando 2 sensores de temperatura , cableados , microcontroladores didácticos y señales de advertencia sonoras y visuales acorde a tres condiciones distintas. Este sistema pudo detectar esos cambios de temperatura y reaccionar acorde a su programación para alertar al conductor de la condición anormal y sugerir acciones a tomar como apagar el motor con precaución.

La implementación del sistema inteligente de monitoreo de temperatura en el motor demostró ser eficaz y confiable frente a distintas condiciones operativas durante las pruebas realizadas como evidencia y metodología de comprobación. La comparación con un scanner automotriz validó su precisión, con diferencias mínimas de lectura entre 0,2 °C y 2 °C, dentro de un rango aceptable para pruebas en campo.

En conjunto se cumplió con el objetivo general del proyecto el cual buscó una solución funcional y adaptable , que mejora la seguridad operativa del auto.

Recomendaciones

No todos los vehículos de serie cuentan con un indicador de temperatura. Se recomienda implementar este sistema en vehículos sin indicadores precisos de temperatura o con historial de sobrecalentamiento, como una medida preventiva accesible y de bajo costo.

Las termocuplas de serie o de instrumentos de medición tienen mayor durabilidad que las propuestas en este proyecto y podrían ser usadas en su reemplazo directo.

Se deberá confirmar las lecturas de manera periódica, contrastando sus lecturas con herramientas profesionales como scanner automotrices.

Futuras investigaciones pueden integrar el monitoreo de otras condiciones asociadas al recalentamiento como el estado de activación del ventilador o el nivel de refrigerante.

Al final este sistema representa una opción efectiva para la detección temprana del sobrecalentamiento, esto contribuye a la prevención de daños costosos como ya se ha evidenciado en el tema de recalentamiento.

Bibliografía

- (González et al., 2. (2021). *Desarrollo de un sistema de monitoreo térmico basado en ESP32 para vehículos automotrices*. Obtenido de Revista de Tecnología Automotriz: <https://revistatecnologiaautomotriz.com>
- Arduino Project Hub. (2023). *Arduino Project Hub*. Obtenido de Arduino Mega 2560 Overview: <https://create.arduino.cc/projecthub/official/arduino-mega-2560-overview>
- Autoxuga. (s.f.). *Códigos de avería OBD2 - P0485*. . Obtenido de Autoxuga: <https://www.autoxuga.net/OBD2/Codigos/P0485.html>
- Bonifaz, D. y. (2017). *Repositorio UIDE*. Obtenido de Repositorio UIDE: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1813/1/T-UIDE-1349.pdf>
- Bosch. (2019). *Sistemas de monitoreo y advertencia en motores de combustión interna*. Obtenido de Bosch Automotive: <https://www.bosch.com>
- García, R. M. (2022). *Revista Iberoamericana de Ingeniería Electrónica*. Obtenido de Desarrollo de prototipos inteligentes en automoción mediante plataformas de hardware libre: <https://doi.org/10.22201/fiee.23958784e.2022.15.2.103>
- General Motors. (2009). *Manual de Servicio Chevrolet Optra*. Detroit: General Motors Corporation.
- González, J. P. (2021). *Desarrollo de un sistema de monitoreo térmico basado en ESP32 para vehículos automotrices*. Obtenido de Revista de Tecnología Automotriz: <https://revistatecnologiaautomotriz.com>
- Inyecar. (s.f.). *Funcionamiento del electroventilador*. Obtenido de Blogs electricidad automotriz: <https://inyecar.com/blogs/blog-inyecar/funcionamiento-del-electroventilador>

- Kavak. (2024). *Sobrecalentamiento del motor: ¿por qué se calienta el auto?* Obtenido de Consejos.: <https://www.kavak.com/cl/blog/sobrecalentamiento-del-motor-por-que-se-calienta-el-auto-consejos>
- López, A. &. (2023). *Tecnologías automotrices avanzadas para la prevención de fallos en motores.* Obtenido de Editorial Automotriz.: <https://www.editorialautomotriz.com/libro-tecnologias-avanzadas>
- Méndez, L. &. (2022). *Avances en sistemas de refrigeración inteligente para motores de combustión interna.* Obtenido de Ingeniería Automotriz y Tecnología: <https://revistas.automotriztec.edu.ec/refrigeracion-inteligente>
- Muñoz Gallegos, C., Borja Soto, D., & Moreno Constante, A. (2020). *Implementación de alerta al sobrecalentamiento de frenos como sistema de seguridad en vehículo de 1600cc.* Obtenido de Investigación Tecnológica IST Central Técnico: https://investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/59
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). (2023). *National Highway Traffic Safety Administration.* Obtenido de Advanced Driver Assistance Systems (ADAS): <https://www.nhtsa.gov/equipment/driver-assistance-technologies>
- Noroña, M. (s.f.). *Universidad del Azuay.* Obtenido de Universidad del Azuay: <http://dyac.uazuay.edu.ec/frontend/web/index.php/site/coleccionview?id=110>
- Prometec. (2025). *Introducción a IOT con ESP32.* Obtenido de Prometec: <https://www.prometec.net/introduccion-a-iot-con-esp32/>
- Romero, A. &. (2021). *Revista de Tecnología Aplicada.* Obtenido de Diseño de un sistema de alerta térmica para motores de combustión usando Arduino y sensores digitales: <https://revistatecnologia.ut.edu.ec/arduino-termico2021>

- Ruiz, J. &. (2021). *Riesgos del sobrecalentamiento en motores de gasolina: Diagnóstico y prevención*. Obtenido de Editorial Automotriz Avanzada.:
<https://www.motoresaltatemperatura.com/riesgos>
- SAE International. (2021). *SAE International*. Obtenido de ADAS and Autonomous Driving: A SAE Perspective: <https://www.sae.org/blog/adas-autonomous-driving-perspective>
- System, D. o. (2023). *Academia.edu*. Obtenido de Academia.edu:
https://www.academia.edu/download/117248429/04_20620.pdf
- Tutos., M. (2024). *Comenzando con la placa de desarrollo ESP32*. . Obtenido de Microtutos:
<https://microtutos.com/esp32/comenzando-con-la-placa-de-desarrollo-esp32/>

Anexo

Programación con Arduino IDE 2.3.4.

CODIGO

```
#include <Adafruit_GFX.h>
```

```
#include <MCUFRIEND_kbv.h>
```

```
#include <OneWire.h>
```

```
#include <DallasTemperature.h>
```

```
MCUFRIEND_kbv tft;
```

```
// Colores
```

```
#define BLACK 0x0000
```

```
#define BLUE 0x001F
```

```
#define RED 0xF800
```

```
#define GREEN 0x07E0
```

```
#define YELLOW 0xFFE0
```

```
#define WHITE 0xFFFF
```

```
#define ORANGE 0xFD20
```

```
#define CYAN 0x07FF
```

```
// Pines
```

```
#define PIN_BUZZER 33 // Relé del buzzer
```

```
#define PIN_LED 35 // LED
```

```
#define ONE_WIRE_BUS_1 37 // Sensor entrada
```

```

#define ONE_WIRE_BUS_2 39 // Sensor salida

OneWire oneWire1(ONE_WIRE_BUS_1);

OneWire oneWire2(ONE_WIRE_BUS_2);

DallasTemperature sensorEntrada(&oneWire1);

DallasTemperature sensorSalida(&oneWire2);

bool alarmaActiva = false;

unsigned long tiempoInicio = 0;

const unsigned long tiempoLimite = 30000;

bool sistemaParado = false;

bool estadoBuzzer = false;

unsigned long tiempoIntermitente = 0;

void drawCenteredText(const char* text, int x, int y, int w, int h, uint16_t colorText,
uint16_t colorBox) {

    tft.fillRect(x, y, w, h, colorBox);

    int textSize = 2;

    tft.setTextSize(textSize);

    int textWidth = strlen(text) * 6 * textSize;

    int xText = x + (w - textWidth) / 2;

    int yText = y + (h - 16) / 2;

    tft.setCursor(xText, yText);

```

```
tft.setTextColor(colorText);  
  
tft.print(text);  
  
}
```

```
void setup() {  
  
    Serial.begin(9600);  
  
    uint16_t ID = tft.readID();  
  
    tft.begin(ID);  
  
    tft.setRotation(1);  
  
    tft.fillScreen(BLACK);  
  
  
    // Salidas  
  
    pinMode(PIN_BUZZER, OUTPUT);  
  
    digitalWrite(PIN_BUZZER, LOW);  
  
    pinMode(PIN_LED, OUTPUT);  
  
    digitalWrite(PIN_LED, LOW);  
  
  
    // Sensores  
  
    sensorEntrada.begin();  
  
    sensorSalida.begin();  
  
  
    // Encabezado  
  
    tft.fillRect(0, 0, 480, 40, BLUE);  
  
    tft.setTextColor(WHITE);
```

```
tft.setTextSize(2);

tft.setCursor(140, 10);

tft.print("MOTOR ENCENDIDO");

}

void loop() {

    if (sistemaParado) return;

    sensorEntrada.requestTemperatures();

    sensorSalida.requestTemperatures();

    float temp1 = sensorEntrada.getTempCByIndex(0);

    float temp2 = sensorSalida.getTempCByIndex(0);

    float dif = temp1 - temp2;

    // Mostrar temperaturas

    String textoT1 = "T1: " + String(temp1, 1) + " C";

    drawCenteredText(textoT1.c_str(), 0, 50, 240, 70, BLACK, CYAN);

    String textoT2 = "T2: " + String(temp2, 1) + " C";

    drawCenteredText(textoT2.c_str(), 240, 50, 240, 70, BLACK, CYAN);

    String textoDif = "DIF: " + String(dif, 1) + " C";

    drawCenteredText(textoDif.c_str(), 0, 130, 480, 70, BLACK, ORANGE);
```

```

// Evaluar temperatura y mostrar estado

String textoEstado;

uint16_t colorEstado;

bool esCritica = (temp1 > 117 || temp2 > 117);

bool esAlta = ((temp1 >= 101 && temp1 <= 117) || (temp2 >= 101 && temp2 <=
117));

bool esNormal = ((temp1 >= 94 && temp1 <= 100) || (temp2 >= 94 && temp2 <=
100));

bool esBaja = (temp1 < 94 && temp2 < 94);

if (esCritica) {

    textoEstado = "TEMPERATURA CRITICA";

    colorEstado = RED;

    digitalWrite(PIN_BUZZER, HIGH);

    digitalWrite(PIN_LED, HIGH);

    if (!alarmaActiva) {

        tiempoInicio = millis();

        alarmaActiva = true;

    }

```

```

unsigned long tiempoTranscurrido = millis() - tiempoInicio;

int segundosRestantes = 30 - (tiempoTranscurrido / 1000);

if (segundosRestantes < 0) segundosRestantes = 0;

String mensaje = "Paro en: " + String(segundosRestantes) + "s";

drawCenteredText(mensaje.c_str(), 0, 340, 480, 40, WHITE, RED);

if (tiempoTranscurrido >= tiempoLimite) {

    tft.fillScreen(RED);

    tft.setTextColor(WHITE);

    tft.setTextSize(3);

    tft.setCursor(40, 120);

    tft.print("!! PARADA INMINENTE !!");

    tft.setTextSize(2);

    tft.setCursor(90, 180);

    tft.print("DEL MOTOR POR SEGURIDAD");

    sistemaParado = true;

    digitalWrite(PIN_BUZZER, HIGH);

}

} else if (esAlta) {

    textoEstado = "TEMPERATURA ALTA";

    colorEstado = YELLOW;

```



```
// Intermitencia del buzzer

if (millis() - tiempoIntermitente > 500) {

    estadoBuzzer = !estadoBuzzer;

    digitalWrite(PIN_BUZZER, estadoBuzzer ? HIGH : LOW);

    tiempoIntermitente = millis();

}

digitalWrite(PIN_LED, HIGH);

alarmaActiva = false;

} else if (esNormal) {

    textoEstado = "TEMPERATURA NORMAL";

    colorEstado = CYAN;

    digitalWrite(PIN_BUZZER, LOW);

    digitalWrite(PIN_LED, LOW);

    alarmaActiva = false;

} else if (esBaja) {

    textoEstado = "TEMPERATURA BAJA";

    colorEstado = GREEN;

    digitalWrite(PIN_BUZZER, LOW);

    digitalWrite(PIN_LED, LOW);
```

```
    alarmaActiva = false;

}

drawCenteredText(textoEstado.c_str(), 0, 210, 480, 70, WHITE, colorEstado);

// Reloj

drawCenteredText("RELOJ: --:--", 0, 290, 480, 40, WHITE, BLACK);

delay(500);

}
```

