



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Título:

Diseño y Simulación de un Radiador Automotriz para la Carrera de Electromecánica en la Uleam Extensión El Carmen

Autores:

Melanie Stefanía Zambrano Hernández
Carmen Alexandra Vargas Rodríguez

Tutor(a)

Ing. Fernando López, MSc.

Unidad Académica:

Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, Educación Virtual y Otras Modalidades.

Carrera:

Tecnología Superior en Electromecánica.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Fernando López, MSc.; docente de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, Educación Virtual y Otras Modalidades, en calidad de Tutor(a).

CERTIFICO:

Que el presente proyecto integrador con el título: “Diseño y Simulación de un Radiador Automotriz para la Carrera de Electromecánica en la Uleam Extensión El Carmen ” ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, está listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opciones y conceptos vertidos en este documento son fruto de la perseverancia y originalidad de su(s) autor(es):

*Melanie Stefanía Zambrano Hernández, Carmen Alexandra Vargas
Rodríguez*

Siendo de su exclusiva responsabilidad.



Ing. Fernando López, MSc.
Docente Tutor(a)
Área: Electromecánica


DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien(es) suscribe(n) la presente:

Melanie Stefanía Zambrano Hernández, Carmen Alexandra Vargas Rodríguez

Estudiante(s) de la Carrera de **Tecnología Superior en Electromecánica**, declaro(amos) bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: “Diseño y Simulación de un Radiador Automotriz para la Carrera de Electromecánica en la Uleam Extensión El Carmen ”, previa a la obtención del Título de Tecnólogo Superior en Electromecánica, es de autoría propia y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros y consultando las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.


Melanie Stefanía Zambrano
Hernández


Carmen Aléxandra Vargas
Rodríguez



APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: “Diseño y Simulación de un Radiador Automotriz para la Carrera de Electromecánica en la Uleam Extensión El Carmen ” de su(s) autor(es): Melanie Stefanía Zambrano Hernández, Carmen Alexandra Vargas Rodríguez de la Carrera “**Tecnología Superior en Electromecánica**”, y como Tutor(a) del Trabajo el/la Ing. Fernando López, MSc.

Dr. Henry Pinargote, PhD.
PRESIDENTE TRIBUNAL

Ing. Fernando López, Mag.
TUTOR

Ing. Rocío Mendoza, Mag.
PRIMER MIEMBRO DE TRIBUNAL

Ing. Carlos López, Mag.
SEGUNDO MIEMBRO DE
TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a nuestras familias por su apoyo incondicional y motivación constante a lo largo de este proceso. A nuestros docentes y asesores, por su guía, paciencia y valiosos conocimientos compartidos. A nuestros compañeros y amigos, por su acompañamiento y ánimo. Finalmente, queremos agradecer a todas las personas que contribuyeron directa o indirectamente en la realización de esta tesis.

El autor/los autores

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de tesis al Ingeniero Fernando López, por su valiosa guía, paciencia y compromiso durante todo el proceso de investigación. Su experiencia y orientación fueron fundamentales para la culminación de este proyecto. Asimismo, a la universidad, por brindarnos la formación académica, las herramientas y el entorno necesarios para crecer profesional y personalmente. Queremos agradecer a ambos, mi profundo respeto y gratitud por haber sido parte esencial de este logro.

El autor/los autores

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad diseñar y simular un radiador automotriz utilizando herramientas computacionales, con el propósito de evaluar su comportamiento térmico y aportar un recurso didáctico para la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica de la ULEAM Extensión El Carmen. El problema abordado radicó en la necesidad de contar con modelos funcionales que permitan analizar sistemas de refrigeración sin recurrir a prototipos físicos costosos. El objetivo general fue desarrollar un modelo tridimensional y simular su desempeño térmico bajo condiciones operativas reales, utilizando como base el radiador de una motocicleta Yamaha Jupiter MX 135. La metodología se basó en la obtención de parámetros técnicos reales, modelado CAD, y simulación CFD configurada como flujo interno con dos subdominios: aire y agua. Los resultados mostraron una caída térmica del refrigerante de 90 °C a 78.33 °C, validando la capacidad del sistema para disipar la carga térmica estimada. Se concluyó que el diseño es funcional, reproduce condiciones realistas y puede ser utilizado como herramienta de enseñanza en asignaturas relacionadas con transferencia de calor y simulación térmica.

PALABRAS CLAVE

Radiador automotriz, simulación CFD, transferencia de calor, flujo interno.

ABSTRACT

This project aimed to design and simulate an automotive radiator using computational tools, with the goal of evaluating its thermal performance and providing a didactic resource for the Electromechanical Technology program at ULEAM, El Carmen Extension. The main problem addressed was the need for functional models to analyze cooling systems without the use of costly physical prototypes. The general objective was to develop a 3D model and simulate its thermal performance under real operating conditions, based on the radiator of a Yamaha Jupiter MX 135 motorcycle. The methodology included collecting real technical parameters, creating a CAD model, and configuring a CFD simulation as internal flow with two subdomains: air and water. Results showed a coolant temperature drop from 90 °C to 78.33 °C, validating the system's capacity to dissipate the estimated thermal load. It was concluded that the design is functional, replicates realistic conditions, and can be used as a teaching tool in subjects related to heat transfer and thermal simulation.

KEYWORDS

Automotive radiator, CFD simulation, heat transfer, internal flow.

ÍNDICE

CERTIFICACION DEL TUTOR	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN	VI
PALABRAS CLAVE	VI
ABSTRACT	VII
KEYWORDS	VII
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
ÍNDICE DE TABLAS	X
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. METODOLOGÍA	5
1.4.1. Procedimiento	5
1.4.2. Técnicas.....	6
1.4.3. Métodos.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. DEFINICIONES	8
2.2. ANTECEDENTES.....	11
2.3. TRABAJOS RELACIONADOS.....	13
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA	16
3.1. DESARROLLO	16
3.1.1. Descripción de la propuesta	16
3.1.2. Etapas	19

3.1.3. Presupuesto.....	22
3.2. RESULTADOS.....	22
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
4.1. CONCLUSIONES	31
4.2. RECOMENDACIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXOS	35

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Modelo 3D del radiador.....	24
Ilustración 2. Modelo del radiador dentro del dominio computacional con la apariencia cristalina aplicada.	24
Ilustración 3. Condiciones de contorno aplicadas sobre el modelo.....	25
Ilustración 4. Parámetros de simulación.....	26
Ilustración 5. Contorno de temperatura del subdominio interno del radiador, equivalente a las paredes internas.....	27
Ilustración 6. Contornos de temperatura en la entrada (derecha) y salida (izquierda) del radiador.	27
Ilustración 7. Diagrama de trayectorias de flujo con coloreado de temperatura.	28
Ilustración 8.	28
Ilustración 9. Diagrama tipo Cut Plot del corte transversal paralelo al plano XZ con los contornos de temperatura, vectores velocidad y líneas de corriente... ..	29
Ilustración 10. Líneas de corriente del flujo de aire coloreadas con contornos de temperatura.....	30
Ilustración 11. Diagrama tipo Cut Plot del aire detrás del radiador con los contornos de temperatura, los vectores velocidad y las líneas de corriente.. ..	35

Ilustración 12. Diagrama tipo Cut Plot donde se aprecia los vórtices creados por el flujo de entrada al radiador..... 36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características técnicas y de funcionamiento del radiador. 17

Tabla 2. Valores de condiciones iniciales y de contorno. 18

Tabla 3. Resultados de la caída térmica en la entrada y salida del radiador.. 29

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El diseño y simulación constituyen herramientas fundamentales en la ingeniería moderna, permitiendo la optimización de sistemas antes de su fabricación física. En el ámbito automotriz, estas técnicas son cruciales para desarrollar componentes eficientes y confiables, reduciendo costos y tiempos de prototipado; mediante software especializado como ANSYS o SolidWorks, es posible evaluar el comportamiento térmico y estructural de un radiador bajo diversas condiciones operativas (Suárez, 2024). Este proyecto aplicará estas metodologías para garantizar un diseño óptimo, demostrando cómo la simulación computacional se ha convertido en un pilar indispensable en el desarrollo tecnológico.

El radiador automotriz es un componente crítico en el sistema de refrigeración de vehículos, responsable de disipar el exceso de calor generado por el motor. Su eficiencia influye directamente en el rendimiento del automóvil y la vida útil del propulsor. En este estudio, se analizarán los parámetros clave que determinan su funcionamiento, como el flujo de aire, la transferencia de calor y la selección de materiales (Ruales, Parra, & Zipaquirá, 2020). Al centrarse en este elemento, este trabajo busca contribuir al análisis de soluciones que mejoren la gestión térmica en sistemas de combustión interna y eléctricos.

Estudios recientes han demostrado la influencia crítica de la porosidad en materiales avanzados para radiadores. Su investigación sobre espumas de aluminio con poros hexagonales de 12 mm reveló una mejora del 18% en disipación térmica respecto a diseños convencionales, validado mediante simulaciones en ANSYS Fluent. Este hallazgo sustenta la viabilidad de emplear estructuras celulares en sistemas de refrigeración, enfoque que este proyecto adaptará al contexto de la electromecánica automotriz; la metodología empleada - combinación de pruebas experimentales y modelado CFD - servirá como referencia para nuestro proceso de simulación, aunque enfocándonos en parámetros geométricos y flujos de aire más que en materiales porosos (Carrera, 2024).

Abordar el diseño de radiadores mediante simulación adquiere relevancia ante la creciente demanda de vehículos más eficientes y menos contaminantes. Un sistema de refrigeración optimizado no solo reduce emisiones, sino que también previene fallos mecánicos costosos. Para la zona de El Carmen, donde las altas temperaturas y condiciones viales exigentes son comunes, este desarrollo puede traducirse en beneficios económicos y ambientales. Además, el dominio de estas tecnologías posiciona a los futuros tecnólogos como profesionales competitivos en una industria en constante evolución.

Como proyecto de titulación para la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, esta investigación sintetiza competencias clave del perfil profesional: análisis térmico, manejo de herramientas CAD/CAE y solución de problemas de tecnología. La ULEAM promueve la aplicación de conocimientos técnicos en contextos reales, y este trabajo sobre radiadores automotrices cumple dicho objetivo al vincular principios mecánicos, termodinámicos y computacionales. Los resultados obtenidos no solo validarán un diseño funcional, sino que también reforzarán las capacidades de los estudiantes para innovar en el sector transporte.

1.1. PROBLEMA

En la actualidad, los radiadores automotrices convencionales presentan limitaciones en su capacidad de disipación térmica, especialmente en condiciones de alto rendimiento o climas extremos como los de la zona de El Carmen. Los diseños tradicionales, basados en configuraciones de aletas y tubos, a menudo no logran optimizar eficientemente la transferencia de calor, generando sobrecalentamientos que reducen la vida útil del motor y aumentan el consumo de combustible. Además, los métodos empíricos de diseño requieren múltiples prototipos físicos, incrementando costos y tiempos de desarrollo. Estas deficiencias evidencian la necesidad de implementar técnicas de simulación computacional que permitan evaluar y optimizar el rendimiento térmico antes de la fabricación.

¿Cómo diseñar y simular un radiador automotriz mediante herramientas computacionales que permita conocer el desempeño del mismo, utilizando los parámetros de operación típicos de vehículos en la zona de El Carmen, y que al mismo tiempo sirva como material didáctico para los estudiantes de Tecnología Superior en Electromecánica de la ULEAM? Este proyecto busca resolver esta problemática integrando simulaciones CFD para analizar flujos de aire y transferencia de calor, con el fin de proponer un diseño optimizado que cumpla con los requerimientos técnicos y académicos de la carrera.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto resulta académicamente relevante al integrar conocimientos fundamentales de termodinámica, mecánica de fluidos y transferencia de calor, ejes curriculares de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica. La aplicación de herramientas de simulación (ANSYS, SolidWorks) permitirá a los estudiantes desarrollar competencias prácticas en ingeniería asistida por computadora, fortaleciendo su perfil profesional. Además, servirá como referente para futuros trabajos de titulación, estableciendo una metodología clara para el diseño y evaluación de sistemas térmicos. La investigación contribuye

directamente a la formación de tecnólogos capaces de resolver problemas reales del sector automotriz con enfoque innovador.

Tecnológicamente, el proyecto responde a la necesidad de optimizar sistemas de refrigeración vehicular mediante técnicas computacionales modernas. La simulación CFD permite reducir costos de desarrollo al minimizar prototipos físicos, aspecto crucial para talleres y pequeñas empresas de la región. El diseño propuesto podría adaptarse a diferentes tipos de vehículos, mejorando su eficiencia energética y reduciendo emisiones contaminantes. Al validar modelos virtuales con parámetros reales de operación en El Carmen, se genera conocimiento aplicable localmente, posicionando a la ULEAM como referente en desarrollo de soluciones automotrices adaptadas al trópico húmedo.

El proyecto se enmarca dentro de la línea de investigación institucional *“Ingeniería, Industria, Construcción, Urbanismo y Arquitectura para un Desarrollo Sustentable y Sostenible”*, al promover el uso de herramientas digitales para el análisis y optimización de sistemas térmicos aplicados al sector automotriz. Esta propuesta contribuye a la sostenibilidad desde el enfoque académico y técnico, al reducir la necesidad de prototipos físicos mediante el uso de simulaciones computacionales, lo que implica un menor consumo de materiales y recursos. Asimismo, el proyecto fortalece la formación de futuros tecnólogos en electromecánica, capacitándolos en metodologías que permiten mejorar la eficiencia energética y funcional de sistemas industriales, alineándose con los principios de desarrollo sustentable y uso responsable de tecnologías en contextos productivos y educativos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diseñar y simular un prototipo de radiador automotriz mediante herramientas CAD y CFD con base en el modelo de un radiador real.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros técnicos de diseño y dimensiones de un radiador real.
- Desarrollar el modelo 3D y simular su comportamiento térmico mediante herramientas CAE/CFD
- Analizar los resultados de simulación mediante el estudio de gráficas y valores.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Procedimiento

Eta 1: Determinación de parámetros técnicos y dimensiones óptimas del radiador

- Selección de un radiador real como objeto de estudio.
- Identificación de la geometría, dimensiones, y parámetros de diseño y funcionamiento del radiador seleccionado.
- Selección del material.

Eta 2: Desarrollo del modelo 3D y configuración de la simulación

- Modelado tridimensional.
- Definición del tipo de análisis y configuración del fluido interno:
- Definición de condiciones iniciales y de frontera.
- Simulación con CFD.

Eta 3: Análisis de resultados y evaluación del comportamiento térmico

- Obtención de mapas térmicos y de flujo.
- Evaluación térmica en puntos clave.
- Análisis cualitativo de resultados.

1.4.2. Técnicas

Simulación CFD

- *Fundamentación:* La dinámica de fluidos computacional (CFD) es una ciencia que utiliza computadoras para predecir el comportamiento de líquidos y gases. Se basa en ecuaciones fundamentales de conservación de masa, impulso y energía. Los fluidos son esenciales para nuestra vida diaria: desde el habla y el sonido, hasta deportes como el tenis y la aerodinámica de los aviones. La CFD nos permite analizar, comprender y predecir los fluidos que nos rodean y que constituyen una parte fundamental de nuestro mundo (Ansys, 2025).
- *Aplicación en el proyecto:* Se empleó en la fase de simulación fluido-térmica (Paso B.3) para evaluar:
 - Distribución de temperaturas en el núcleo del radiador
 - Eficiencia de transferencia de calor
 - Patrones de flujo de aire/refrigerante
- *Motivo de uso:* Su capacidad para modelar condiciones realistas (velocidades variables, turbulencia) sin requerir prototipos físicos iniciales.

Diseño Paramétrico 3D

- *Fundamentación:* El modelado paramétrico es una técnica de diseño asistido por ordenador (CAD) que permite a ingenieros y diseñadores crear modelos tridimensionales utilizando parámetros (restricciones). Esto asegura que el diseño cumpla con reglas específicas, facilitando su modificación y actualización (Alibre, 2024).
- *Aplicación en el proyecto:* Implementado en el modelado (Paso B.1) para:
 - Generar variantes geométricas del radiador (PPI de aletas, espesores)

- Mantener proporciones críticas al escalar componentes
- *Motivo de uso:* Permite ajustar automáticamente el modelo al modificar parámetros clave (ej.: área superficial vs. resistencia estructural).

1.4.3. Métodos

Método de Elementos Finitos

- *Fundamentación:* El Método de Elementos Finitos (MEF) es una técnica de simulación computacional que resuelve problemas de ingeniería complejos al dividirlos en partes más pequeñas y manejables (elementos finitos). Al hacer esto, las computadoras pueden analizar el comportamiento de materiales o estructuras bajo diversas condiciones de manera eficiente y aproximada (Mirlisenna, 2016).
- *Aplicación en el proyecto:*
 - Se implementó en las simulaciones térmicas
 - Analizó tensiones mecánicas en los tanques del radiador
 - Evaluó la deformación por carga térmica cíclica
- *Motivo de uso:*
 - Precisión en modelado de materiales anisotrópicos (aluminio/aleaciones)
 - Capacidad para acoplar análisis térmico-estructural

Método NTU-Efectividad

- *Fundamentación:* El Método NTU-Efectividad es fundamental en el análisis de intercambiadores de calor, especialmente cuando no se conocen todas las temperaturas de salida de los fluidos. Se basa en la

efectividad (ϵ), que es la relación entre la transferencia de calor real y la máxima posible, y el número de unidades de transferencia (NTU), un parámetro adimensional que relaciona el área de transferencia de calor, el coeficiente global de transferencia de calor y la capacidad calorífica mínima del fluido (Imbert & Guillen, 2014).

- *Aplicación en el proyecto:*
 - Validación teórica de resultados
 - Cálculo de eficiencia térmica antes de simulaciones CFD

- *Motivo de uso:*
 - Proporciona referencia cuantitativa para evaluar diseños
 - Reduce iteraciones en CFD al descartar configuraciones ineficientes

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

Conceptos Básicos de Diseño

El diseño en ingeniería es un proceso sistemático que busca solucionar problemas técnicos mediante la creación de componentes, sistemas o procesos eficientes. En el contexto automotriz, el diseño de un radiador implica considerar factores como la transferencia de calor, la resistencia estructural y la aerodinámica. Un buen diseño debe garantizar que el radiador cumpla su función principal, que es disipar calor, sin comprometer el rendimiento del vehículo (Wayken Rapid Manufacturing, 2024).

El diseño asistido por computadora (CAD) permite modelar geometrías complejas con precisión, facilitando la optimización antes de la fabricación. Herramientas como *SolidWorks* y *Autodesk Inventor* ayudan a definir parámetros

clave como el tamaño del núcleo, la disposición de las aletas y los tanques de distribución (MCAD, 2022).

Simulación Computacional en Sistemas Térmicos

La simulación computacional es una técnica que permite predecir el comportamiento de un sistema mediante modelos matemáticos. En el caso de un radiador, se utilizan métodos numéricos para analizar diferentes fenómenos que ocurren en su interior (ESSS, 2023). Entre estos se puede mencionar:

- **Flujo de fluidos:** Cómo circula el refrigerante y el aire a través del radiador.
- **Transferencia de calor:** Eficiencia en la disipación térmica.
- **Resistencia estructural:** Comportamiento del material ante cambios de temperatura y presión.

La dinámica de fluidos computacional (CFD) es clave en este proceso, ya que simula condiciones reales de operación sin necesidad de prototipos físicos. Programas como *ANSYS Fluent* o *OpenFOAM* permiten evaluar diferentes configuraciones y seleccionar la más eficiente (Ojeda, López, Farah, & Ramírez, 2009).

Ventajas del Diseño y Simulación Integrados

La combinación de diseño y simulación reduce costos y tiempo de desarrollo, ya que:

- Permite identificar fallos en etapas tempranas.
- Facilita la comparación entre múltiples diseños.
- Optimiza el rendimiento antes de la fabricación.

En este proyecto, el uso de estas herramientas garantizará un radiador eficiente, adaptado a las condiciones climáticas de El Carmen y útil como material didáctico para estudiantes de electromecánica (Mercado, 2020).

Función y Componentes de un Radiador Automotriz

El radiador es un intercambiador de calor que regula la temperatura del motor, evitando sobrecalentamientos al disipar dicho calor al ambiente a través de una serie de tuberías por las que circula un fluido refrigerante (Renault, 2023).

Sus partes principales son:

- **Núcleo:** Donde ocurre la transferencia térmica (compuesto por tubos y aletas).
- **Tanques de entrada y salida:** Distribuyen el refrigerante.
- **Ventilador y cubiertas:** Mejoran el flujo de aire.

Parámetros que Afectan su Eficiencia

El rendimiento de un radiador depende de factores como:

- **Materiales:** El aluminio es común por su ligereza y conductividad térmica.
- **Geometría de aletas:** Aletas corrugadas o lamelares aumentan la superficie de contacto.
- **Flujo de aire y refrigerante:** Una distribución uniforme mejora la disipación.

Tipos de Radiadores y su Evolución

Los radiadores han evolucionado desde diseños tradicionales de cobre/latón hasta versiones modernas de aluminio con estructuras multicapa. Actualmente,

se investigan materiales como espumas metálicas y nanofluidos para mejorar su eficiencia (MEGAL Radiadores, 2023).

Factores Climáticos en el Desempeño de Radiadores

Las condiciones ambientales como la humedad relativa y temperaturas promedio de 28-35°C, típicas de zonas tropicales, imponen desafíos específicos a los sistemas de refrigeración vehicular, considerando que la humedad ambiental reduce la eficiencia de la transferencia de calor al disminuir el gradiente térmico entre el radiador y el aire circundante; estos factores deben considerarse en el diseño mediante: mayor superficie de intercambio térmico, materiales resistentes a la corrosión y geometrías que minimicen la acumulación de residuos (Rojas, 2012).

Criterios de Selección de Materiales para Radiadores

La elección de materiales para radiadores en entornos tropicales debe balancear tres propiedades clave: conductividad térmica (>160 W/m-K para aluminio), resistencia a la corrosión (especialmente importante en zonas costeras) y relación peso-resistencia. Las aleaciones de aluminio serie 3000 (Al-Mn) y 5000 (Al-Mg) son las más utilizadas por su combinación óptima de estas características; recientemente, se han explorado recubrimientos superficiales con óxido de grafeno para mejorar la transferencia de calor sin incrementar significativamente los costos, una alternativa prometedora para aplicaciones en vehículos de uso intensivo (ROBERTS Automotive and Industrial Parts Manufacturing Corporation, 2025).

2.2. ANTECEDENTES

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), con sede principal en Manta, es una institución de educación superior pública comprometida con la formación de profesionales en carreras en ciencias sociales, ciencias ambientales, ciencias de la salud, además de carreras técnicas y tecnológicas bajo principios de excelencia académica e innovación (ULEAM, 2012).

Su Extensión El Carmen, establecida en 1985, se ha consolidado como un centro de formación especializado en carreras de toda índole, incluyendo carreras técnicas, destacando el programa de Tecnología Superior en Electromecánica, cuyo plan de estudios integra conocimientos avanzados en sistemas mecánicos, eléctricos y de automatización industrial (ULEAM Extensión El Carmen, 2023).

La carrera de Electromecánica en particular responde a:

- La demanda de técnicos especializados en áreas de electricidad y electrónica, mecánica y automatización industrial.
- La carencia de estudios técnicos adaptados al entorno y necesidades locales específicas.
- La industrialización de procesos que está creciendo en la zona.

En este contexto, la institución cuenta con diferenciales como:

- Única institución pública en la zona con laboratorios básicos de electromecánica.
- Planes de estudio actualizados enfocados en aplicaciones industriales.
- Convenios para pasantías en empresas y gobiernos municipales.

Este marco institucional no solo valida la pertinencia de la carrera, sino que garantiza:

- El acceso a infraestructura básica para su ejecución.
- La aplicación real de los resultados en el sector productivo.
- La formación de capacidades tecnológicas en los estudiantes.

Situación Actual en El Carmen

En la zona de El Carmen y sus alrededores, no se registran estudios previos ni proyectos ejecutados específicamente sobre diseño y simulación de radiadores automotrices. Esta carencia es particularmente relevante considerando que:

1. **Condiciones climáticas adversas:** La región presenta temperaturas promedio de 28-35°C con humedad relativa del 85%, factores que afectan directamente el rendimiento de los sistemas de refrigeración vehicular.

2. **Demanda creciente:** Existe un notable incremento del parque automotor en general y en particular de vehículos de trabajo que requieren sistemas de enfriamiento robustos.

Experiencias Relacionadas en la Región

Aunque no existen proyectos específicos sobre simulación de radiadores, se identifican algunas iniciativas tangenciales:

- **Mantenimiento correctivo:** Talleres locales se limitan a reparaciones convencionales (soldadura de tanques, limpieza de aletas) sin estudios de optimización.
- **Sustitución de componentes:** Práctica común de reemplazar radiadores completos ante fallos, sin análisis técnico de las causas raíz.
- **Proyectos académicos básicos:** Estudiantes de electromecánica han realizado ensayos empíricos de temperatura, pero sin herramientas de simulación.

Brecha Tecnológica Identificada

La ausencia de estudios locales crea tres problemas principales:

1. **Falta de parámetros de diseño adaptados:** Los radiadores comerciales no consideran las condiciones climáticas específicas de la zona.
2. **Ineficiencia en soluciones:** Las reparaciones se realizan sin datos técnicos confiables sobre comportamiento térmico.
3. **Desaprovechamiento académico:** La ULEAM no ha desarrollado capacidades en simulación termofluídica aplicada a sistemas automotrices.

2.3. TRABAJOS RELACIONADOS

En España, en la Universidad de Navarra, una investigación desarrolló un modelo computacional para optimizar intercambiadores de calor en cargadores de vehículos eléctricos, resolviendo desafíos de disipación térmica en carga rápida. Utilizando simulaciones en Matlab, se logró minimizar el tamaño del

componente manteniendo su capacidad de disipar 3.5 kW de calor, validado mediante pruebas en túnel de viento (Echeverría, 2025). Este avance demuestra el potencial de las herramientas de simulación para gestión térmica en movilidad eléctrica, ofreciendo metodologías aplicables al diseño de sistemas de refrigeración automotriz tradicional, particularmente en la optimización de geometrías y eficiencia energética bajo condiciones operativas exigentes.

En México, investigadores realizaron una evaluación experimental detallada de la transferencia de calor en radiadores para motores de combustión interna. El estudio empleó termopares y cámaras termográficas para medir temperaturas del refrigerante y flujo de aire bajo diferentes regímenes de operación. Los resultados mostraron variaciones térmicas significativas, con diferencias del 11% entre temperaturas de entrada/salida del refrigerante y 8.5% en la disipación global (Jiménez, Mendoza, Gutierrez, & Trenado, 2021). Esta investigación proporcionó datos valiosos sobre el comportamiento real de radiadores convencionales, destacando la importancia de la caracterización experimental para validar diseños térmicos en condiciones operativas variables. La metodología empleada resulta particularmente relevante para proyectos que buscan correlacionar datos teóricos con desempeño real en sistemas de refrigeración automotriz.

En Cuenca, investigadores desarrollaron una innovadora herramienta de modelado térmico para intercambiadores de calor utilizando hojas de cálculo. El proyecto implementó un sistema computacional que integraba parámetros termodinámicos, propiedades de fluidos y ecuaciones de transferencia de calor, permitiendo simular el comportamiento de diferentes configuraciones de intercambiadores compactos. La validación se realizó mediante comparación con mediciones termográficas, demostrando la efectividad de esta metodología accesible para análisis térmicos básicos (León & Zurita, 2021). Este trabajo destaca por su enfoque práctico al adaptar tecnologías de bajo costo (hojas de cálculo) para el diseño térmico, representando un valioso antecedente para proyectos que buscan implementar soluciones computacionales en entornos con

recursos tecnológicos limitados, particularmente relevante para instituciones técnicas en Ecuador.

De acuerdo con la revisión de literatura realizada, no se han identificado estudios previos específicamente dedicados al diseño y simulación de radiadores automotrices en otros cantones de Manabí. Si bien existen investigaciones relacionadas con sistemas térmicos y mecánicos en la provincia, ninguna ha abordado de manera exclusiva la optimización computacional de radiadores vehiculares mediante herramientas CAE/CFD. Esta ausencia de antecedentes locales resalta la novedad del presente proyecto, que busca establecer los primeros lineamientos técnicos para el análisis y desarrollo de sistemas de refrigeración automotriz adaptados a las condiciones climáticas y operativas características de la región, utilizando metodologías de simulación accesibles para el contexto tecnológico manabita.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. DESARROLLO

En esta sección se detalla la implementación práctica de la propuesta desarrollada para dar solución al problema planteado en el Capítulo I, describiendo el proceso de ejecución de los objetivos específicos relacionados con el diseño y simulación de un radiador automotriz, tomando como base el modelo correspondiente a la motocicleta Yamaha Jupiter MX 135. Para ello, se emplearon herramientas computacionales de diseño asistido por computador (CAD) y simulación de dinámica de fluidos computacional (CFD), permitiendo evaluar el comportamiento térmico del sistema bajo condiciones reales de operación en la zona de El Carmen.

El procedimiento seguido incluyó la obtención de datos geométricos del radiador, la selección de materiales, la definición de las condiciones de contorno térmico e hidráulico, y la configuración del dominio de simulación para representar tanto el flujo de refrigerante como el flujo de aire de enfriamiento. Con base en estos parámetros, se realizaron simulaciones para analizar el desempeño térmico del radiador en términos de transferencia de calor, caída de temperatura del fluido refrigerante, y comportamiento del flujo interno. A continuación, se describen detalladamente los elementos que componen la propuesta, su relación directa con los objetivos específicos, las etapas de implementación, el presupuesto requerido, y aspectos técnicos complementarios necesarios para comprender la lógica y validez del trabajo realizado.

3.1.1. Descripción de la propuesta

La propuesta consistió en diseñar y simular un radiador automotriz representativo del sistema de enfriamiento utilizado en motocicletas de baja cilindrada, tomando como referencia el modelo perteneciente a la Yamaha Jupiter MX 135. Esta propuesta integró herramientas de diseño asistido por computador y simulación computacional de fluidos, permitiendo generar un modelo funcional que reproduce condiciones reales de operación, tanto en lo

térmico como en lo hidráulico. La propuesta se organizó para cumplir con tres objetivos específicos que guían la lógica de desarrollo de este trabajo.

Objetivo Específico 1:

Determinar los parámetros técnicos y dimensiones óptimas del radiador mediante análisis de requerimientos térmicos y condiciones ambientales.

Para cumplir con este objetivo, se partió del análisis del radiador real de una Yamaha Jupiter MX 135, motocicleta con motor monocilíndrico de 134.4 cm³ y potencia aproximada de 9.5 kW. Se identificaron 12 tubos planos de 24 mm de ancho por 3 mm de alto, con una longitud útil de 176 mm. La distancia entre tubos fue de 7.05 mm, permitiendo espacio para la convección del aire y la colocación de aletas.

Dado que un motor de estas características puede disipar alrededor del 20% de su potencia en forma de calor, se estimó una carga térmica aproximada de 1900 W. Se asumió una capacidad de disipación promedio de 160 W por tubo, lo que justifica el uso de 12 tubos planos:

Tabla 1.

Características técnicas y de funcionamiento del radiador.

Parámetro técnico	Valor
Potencia térmica a disipar	≈ 1900 W
Cantidad de tubos planos	12
Área frontal expuesta total	0.0507 m ²
Fluido refrigerante	Agua
Temperatura entrada refrigerante	90 °C
Temperatura ambiente (aire)	20 °C
Material del radiador	Aluminio

Objetivo Específico 2:

Desarrollar el modelo 3D y simular su comportamiento térmico mediante herramientas CAE/CFD.

Se creó un modelo tridimensional del radiador en un entorno CAD, definiendo sus componentes principales: tubos planos, tanques de entrada y salida, y estructura externa. El modelo se exportó a un software de simulación CFD para configurar un análisis de flujo interno y transferencia térmica conjugada.

Se definieron dos subdominios: uno para el flujo de aire que actúa sobre la superficie externa de los tubos, y otro para el flujo interno del refrigerante. El fluido de refrigeración se definió como agua, con una entrada de flujo másico equivalente a 0.1 L/s (0.0001 m³/s) a 90 °C. El aire de enfriamiento ingresó al dominio a 27.78 m/s, equivalente a 100 km/h que es la velocidad máxima a la que puede circular la motocicleta, a una temperatura de 20 °C. Se eligió esta velocidad porque es cuando el motor trabaja más y por lo tanto se genera más calor. Es importante recordar que el motor debe trabajar entre 85°C y 95°C, aunque puede variar ligeramente dependiendo del diseño. Ambos fluidos descargaron a presión atmosférica. Las paredes externas de los tubos se configuraron con una condición de transferencia térmica con coeficiente convectivo de $h=300$ W/m²·K, en lugar de modelar el dominio externo de aire completo, simplificando así el análisis sin perder precisión relevante.

Tabla 2.

Valores de condiciones iniciales y de contorno.

Condición de contorno	Valor
Velocidad del aire frontal	27.78 m/s (100 km/h)
Temperatura del aire	20 °C
Velocidad del agua (fluido interno)	0.1 L/s
Temperatura entrada agua	90 °C

Salida aire y agua

Presión atmosférica

Coefficiente convectivo externo

300 W/m²·K

Objetivo Específico 3:

Analizar los resultados de simulación mediante el estudio de gráficas y valores.

Se obtuvieron mapas de temperatura del fluido interno, así como distribuciones térmicas a lo largo del radiador. Los resultados mostraron que el refrigerante, al ingresar a 90 °C, redujo su temperatura hasta 78.33 °C en la salida, evidenciando una caída térmica de 11.67 °C, valor adecuado para las condiciones del sistema. Se observó que los tubos centrales presentaron mayor capacidad de disipación, reduciendo incluso la temperatura por debajo de los 78 °C, pero que, al mezclarse el fluido en la cámara de salida, la temperatura final se estabilizó.

También se obtuvieron visualizaciones desde la cara frontal y lateral del radiador, permitiendo observar cómo el flujo y la temperatura evolucionan a lo largo del sistema. Estos análisis permitieron validar el diseño, así como establecer su utilidad como herramienta didáctica en el aula.

3.1.2. Etapas

El desarrollo del proyecto se estructuró en tres etapas principales, cada una orientada al cumplimiento de uno de los objetivos específicos definidos. Cada etapa agrupó un conjunto de actividades técnicas que permitieron avanzar progresivamente desde la caracterización del radiador hasta el análisis de los resultados obtenidos en la simulación.

Etapas 1: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 1.

Determinar los parámetros técnicos y dimensiones óptimas del radiador.

- Recolección de información técnica de la motocicleta Yamaha Jupiter MX 135 (modelo 2005–2010), incluyendo especificaciones del motor, sistema de enfriamiento y potencia térmica estimada.

- Inspección y medición física del radiador proporcionado, identificando 12 tubos planos con dimensiones de 24 mm de ancho, 3 mm de alto y 176 mm de longitud útil.
- Determinación del espaciado entre tubos, que resultó ser de 7.05 mm, permitiendo estimar la superficie frontal efectiva del núcleo del radiador.
- Estimación de la carga térmica generada por el motor, asumiendo una disipación del 20 % de la potencia total (~1900 W).
- Selección del material de fabricación, estableciendo el uso de aluminio debido a su alta conductividad térmica, bajo peso y amplia disponibilidad comercial.
- Cálculo preliminar de capacidad de disipación de calor por tubo, justificando la cantidad de tubos seleccionados en función de la carga térmica estimada.

Etapas 2: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 2.

Desarrollar el modelo 3D y simular su comportamiento térmico.

1. Modelado tridimensional del radiador en software CAD, incorporando los tubos planos, tanques de entrada y salida, y elementos de soporte estructural.
2. Exportación del modelo CAD a un entorno de simulación CFD compatible para configurar el análisis de transferencia térmica y flujo interno.
3. Definición del dominio computacional, con la creación de dos subdominios: uno para el flujo de aire y otro para el interior del radiador.
4. Configuración del fluido interno como agua, con caudal de entrada de 0.1 L/s a 90 °C, y salida a presión atmosférica.
5. Configuración del aire externo con velocidad de entrada de 27.78 m/s (equivalente a 100 km/h) y temperatura de 20 °C.

6. Asignación de materiales, definiendo aluminio para todos los componentes sólidos.
7. Aplicación de condiciones térmicas en los tubos planos mediante el uso de una condición de contorno tipo “outer wall” con coeficiente de convección $h=300$ $h = 300h=300$ $W/m^2 \cdot K$.
8. Definición de objetivos globales de simulación (“Global Goals”) incluyendo temperatura de fluidos y sólidos, presión, y velocidad.
9. Ejecución del mallado automático y refinamiento local en zonas de interés para mejorar la precisión de los resultados.
10. Ejecutar simulaciones con condiciones estables, hasta alcanzar convergencia en los residuales.

Etap 3: Actividades realizadas para cumplir el Objetivo Específico 3.

Analizar los resultados de simulación.

1. Obtención de “cut plots” de temperatura y velocidad desde la cara frontal y lateral del radiador.
2. Visualización de la distribución térmica en el subdominio del fluido interno, observando el gradiente de temperatura a lo largo de los tubos.
3. Medición de temperatura en zonas clave, identificando $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la entrada del refrigerante y $78.33\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la salida.
4. Análisis del comportamiento térmico interno, destacando que los tubos centrales muestran una mayor eficiencia en la disipación, con temperaturas inferiores a $78\text{ }^{\circ}\text{C}$.
5. Evaluación de la mezcla térmica en el tanque de salida, que eleva la temperatura promedio de salida del refrigerante.
6. Validación del modelo frente a la capacidad esperada de disipación, concluyendo que el diseño reproduce adecuadamente un sistema funcional y permite su uso como recurso didáctico.

7. Registro de datos y generación de gráficos para su posterior análisis e inclusión en la sección de resultados.

3.1.3. Presupuesto

El presente proyecto se desarrolló íntegramente mediante herramientas computacionales de diseño y simulación, por lo que no fue necesario realizar adquisiciones de materiales físicos, componentes electrónicos, ni contratar servicios externos. Todas las actividades se llevaron a cabo de manera digital, desde la modelación tridimensional del radiador hasta el análisis térmico y de flujo a través de simulaciones computacionales. Esta metodología permitió replicar condiciones reales de operación sin necesidad de construir prototipos físicos, lo cual redujo significativamente los requerimientos logísticos y económicos.

Dado que no se realizó fabricación, pruebas experimentales ni compras de equipos o instrumentos, el proyecto no generó costos materiales asociados a la ejecución de sus tres objetivos específicos. La disponibilidad de herramientas de diseño asistido por computador y simulación de dinámica de fluidos permitió abordar el problema de forma precisa y eficiente, garantizando resultados confiables dentro de un entorno completamente virtual.

3.2. RESULTADOS

En esta sección se exponen los resultados obtenidos tras la ejecución de las distintas etapas del proyecto, en correspondencia con los objetivos específicos planteados. Los datos se obtuvieron a partir de la observación directa del componente real, el desarrollo del modelo tridimensional, y la ejecución de simulaciones de dinámica de fluidos computacional (CFD). Los resultados permiten analizar y validar el comportamiento térmico del sistema, así como su viabilidad como recurso didáctico en el ámbito académico.

Objetivo 1: Logros obtenidos en el objetivo 1.

La primera fase del trabajo consistió en la caracterización física del radiador correspondiente a la motocicleta Yamaha Jupiter MX 135. A través de la inspección directa del componente, se determinó que el núcleo del radiador está conformado por 12 tubos planos con una dimensión externa de 24 mm de ancho, 3 mm de alto y 176 mm de longitud útil expuesta al flujo de aire. Estos tubos están distribuidos de forma paralela y presentan un espaciado uniforme de 7.05 mm, permitiendo la circulación efectiva del aire entre ellos.

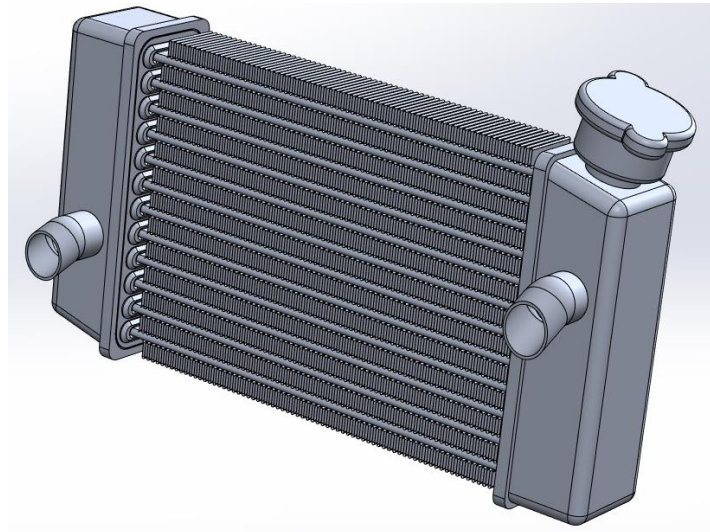
Con base en estas medidas, se calculó el área frontal total del núcleo, que alcanza aproximadamente 0.0507 m². Este valor es coherente con las dimensiones habituales de radiadores para motocicletas de baja cilindrada y resulta adecuado para garantizar un equilibrio entre superficie de intercambio térmico y restricciones de espacio dentro del chasis. Además, se seleccionó aluminio como material para todas las partes sólidas del radiador, dado su bajo peso, alta conductividad térmica (aproximadamente 200 W/m·K) y amplia aplicación en la industria automotriz.

Desde el punto de vista térmico, se estimó una carga de calor a disipar de aproximadamente 1900 W, considerando que cerca del 20 % de la potencia total del motor (aproximadamente 9.5 kW) se transforma en calor que debe ser evacuado mediante el sistema de refrigeración. La selección de 12 tubos se justificó al asumir una capacidad promedio de disipación de 160 W por tubo, lo cual permite cubrir dicha demanda de manera eficiente.

Objetivo 2: Logros obtenidos en el objetivo 2.

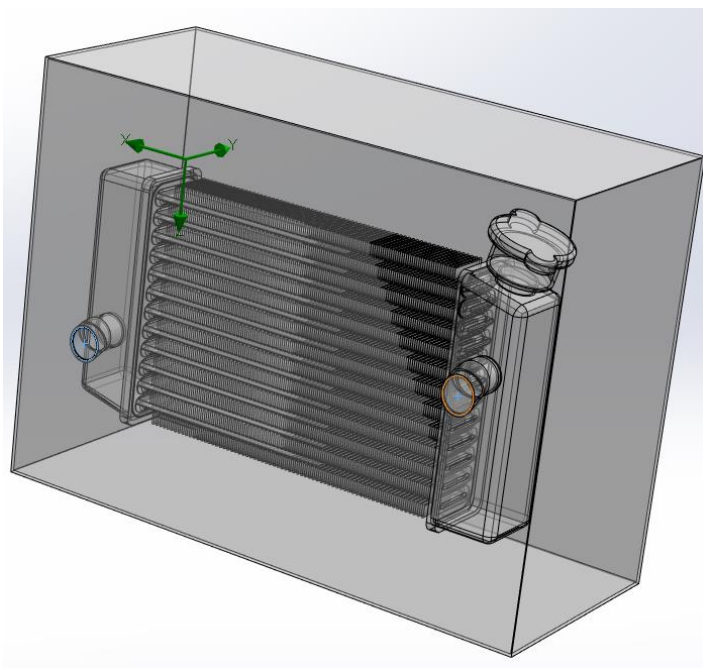
Una vez definidos los parámetros físicos, se desarrolló un modelo tridimensional del radiador utilizando software de diseño asistido por computador. El modelo incluyó los tubos planos, los tanques de entrada y salida, y elementos estructurales básicos. Posteriormente, se configuró una simulación CFD que permitió analizar el comportamiento térmico bajo condiciones similares a las que enfrenta el sistema en funcionamiento real.

Ilustración 1.
Modelo 3D del radiador.



Para poder realizar la simulación de flujo interno y externo simultáneamente, se creó una caja hueca alrededor del radiador para poder fijar en ella el dominio computacional y así poder generar el flujo de viento. También se le aplicó una apariencia cristalina tanto al radiador como a la caja del dominio computacional, para poder observar el comportamiento interno de los fluidos.

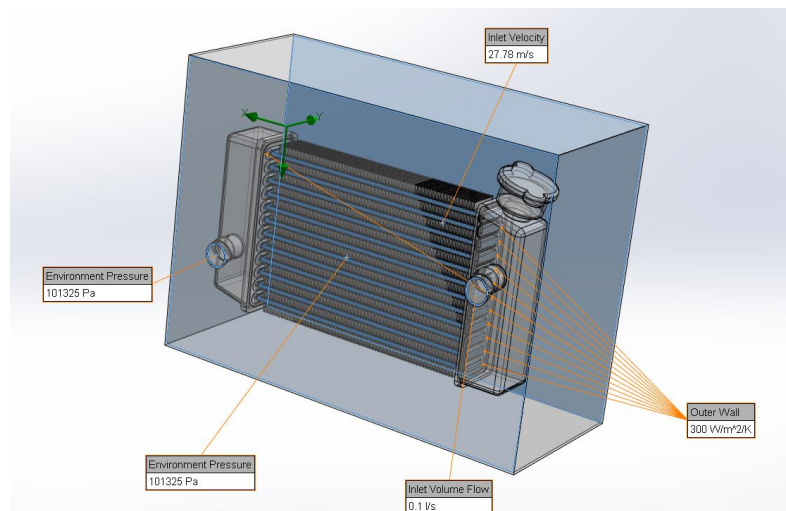
Ilustración 2.
Modelo del radiador dentro del dominio computacional con la apariencia cristalina aplicada.



Para lograrlo, se establecieron dos subdominios en el modelo: uno correspondiente al flujo de aire que actúa sobre la superficie externa del radiador y otro para el flujo interno del fluido refrigerante. El fluido interno fue definido como agua, con una entrada de 0.1 L/s a 90 °C, y descarga a presión atmosférica. Por su parte, el flujo de aire externo fue simulado como un flujo incidente a 27.78 m/s (equivalente a 100 km/h) a 20 °C, representando una condición de velocidad típica en autopistas o carretera abierta.

Ilustración 3.

Condiciones de contorno aplicadas sobre el modelo.



Se aplicó una condición de contorno térmico tipo “outer wall” en las paredes externas de los tubos, con un coeficiente de transferencia de calor de $h = 300 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, valor representativo de sistemas con ventilación forzada. Además, se definieron objetivos globales para monitorear la temperatura, presión y velocidad de los fluidos y sólidos. La simulación se ejecutó hasta alcanzar condiciones de convergencia numérica aceptables.

La ejecución del proceso de simulación tomó un tiempo aproximado de 3 horas y 25 minutos, considerando el tiempo requerido para el mallado automático, la inicialización de las condiciones de contorno, y la obtención de resultados estables bajo criterios de convergencia. Este tiempo de procesamiento es coherente con la complejidad del modelo, que incluyó dos subdominios (aire y agua), condiciones térmicas específicas en las paredes de los tubos, y objetivos

globales múltiples para temperatura, presión y velocidad. La duración de la simulación refleja un equilibrio adecuado entre nivel de detalle y rendimiento computacional, siendo perfectamente replicable en entornos académicos o de laboratorio con equipos de prestaciones medias.

Ilustración 4.

Parámetros de simulación.

Parameter	Value
Status	Solver is finished.
Total cells	5,479,983
Fluid cells	2,159,241
Solid cells	3,320,742
Fluid cells contacting solids	1,304,594
Iterations	316
Last iteration finished	14:39:38
CPU time per last iteration	00:00:33
Travels	1.22243
Iterations per 1 travel	259
CPU time	3 : 24 : 54
Calculation time left	0 : 0 : 0
Warning	Comment
No warnings	

Objetivo 3: Logros obtenidos en el objetivo 3.

Los resultados obtenidos permitieron observar la evolución térmica del fluido refrigerante dentro del radiador y evaluar la efectividad del sistema bajo condiciones de operación realistas. En la simulación se registró una temperatura de entrada del refrigerante de 90 °C, que disminuyó hasta 78.33 °C a la salida, lo que representa una caída térmica de 11.67 °C, suficiente para garantizar el funcionamiento óptimo del motor dentro de los rangos recomendados.

Ilustración 5.

Contorno de temperatura del subdominio interno del radiador, equivalente a las paredes internas.

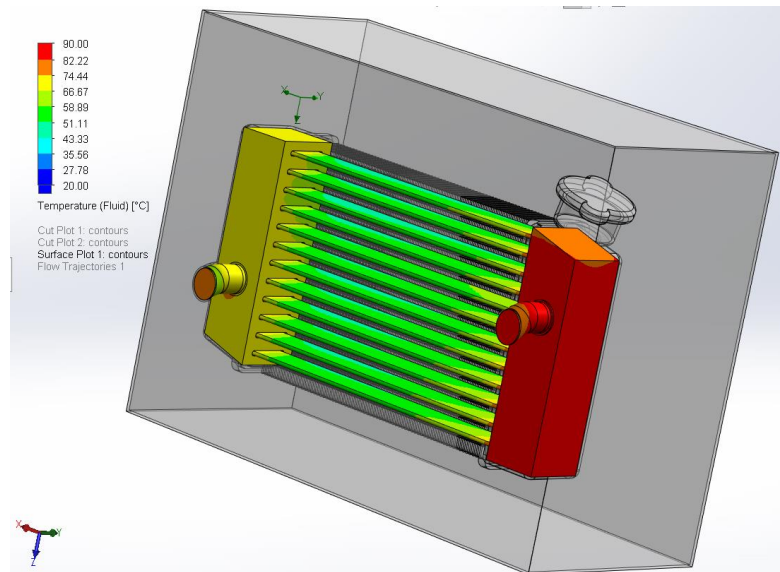
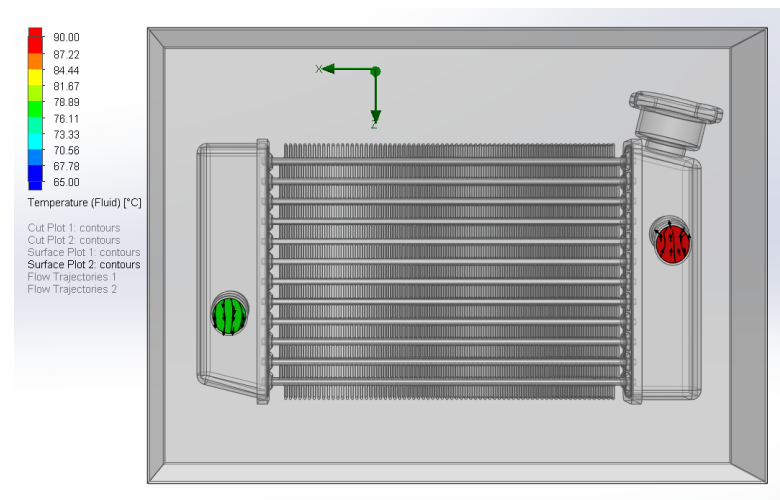


Ilustración 6.

Contornos de temperatura en la entrada (derecha) y salida (izquierda) del radiador.



Los mapas térmicos generados mediante herramientas tipo trayectorias de flujo y cut plots revelaron que los tubos centrales del radiador presentaron mayor eficiencia en la transferencia de calor, alcanzando temperaturas inferiores a los 78 °C. Esta condición se debe al mayor caudal de aire que incide en esa zona. Sin embargo, el fluido, al mezclarse en el tanque de salida, se estabiliza térmicamente, registrando el valor promedio antes mencionado.

Ilustración 7.

Diagrama de trayectorias de flujo con coloreado de temperatura.

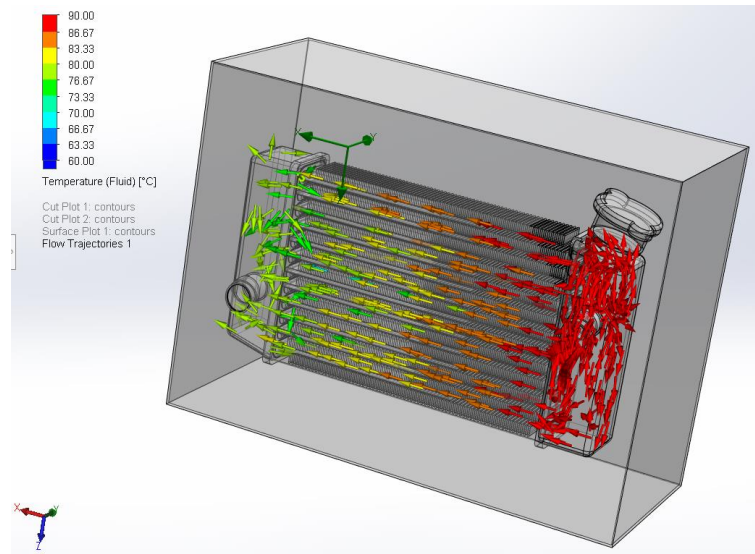


Ilustración 8.

Diagrama tipo Cut plot del corte transversal paralelo al plano YZ con los contornos de temperatura, vectores velocidad y líneas de corriente.

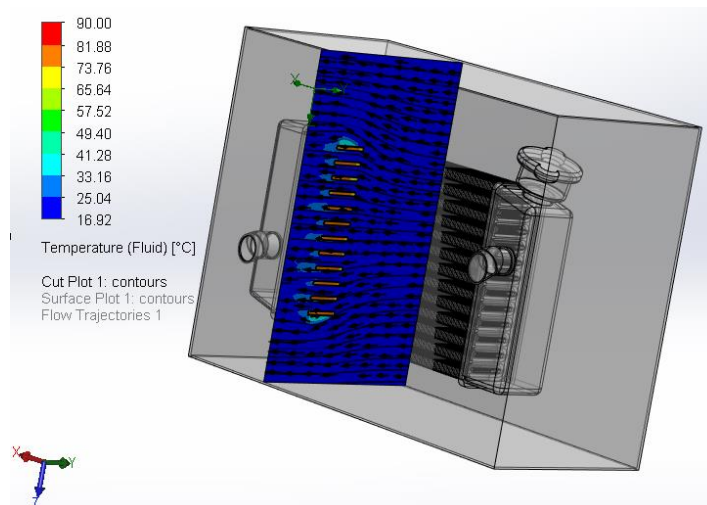
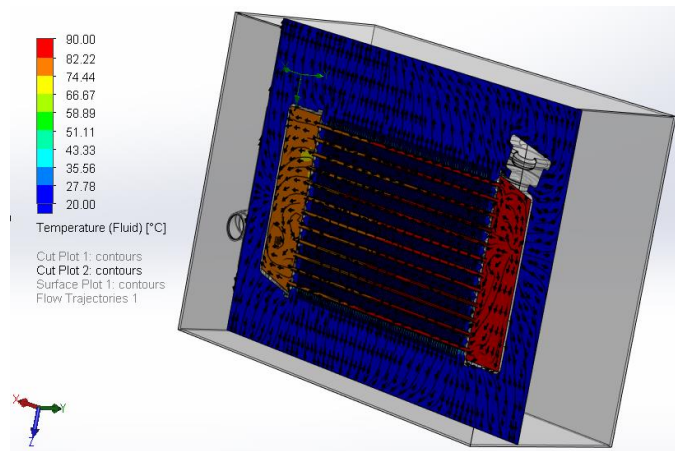


Ilustración 9.

Diagrama tipo Cut Plot del corte transversal paralelo al plano XZ con los contornos de temperatura, vectores velocidad y líneas de corriente.



Las visualizaciones también mostraron un flujo estable del refrigerante, sin zonas de recirculación importantes, y una distribución de presión progresiva a lo largo de los tubos. Estas condiciones aseguran un intercambio térmico eficiente y justifican el diseño del sistema como modelo funcional y didáctico para el estudio de fenómenos térmicos.

Tabla 3.

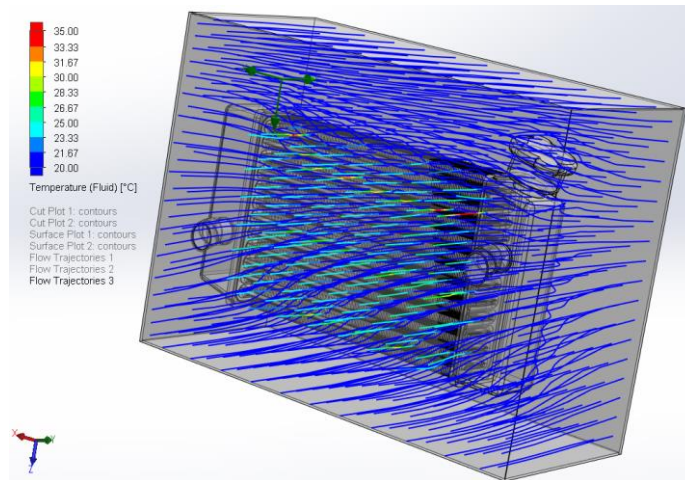
Resultados de la caída térmica en la entrada y salida del radiador.

Zona evaluada	Temperatura (°C)
Entrada del refrigerante	90.00
Salida del refrigerante	78.33
Caída térmica total	11.67

También se obtuvo el comportamiento térmico y cinemático del aire que enfría el radiador. Se observa que el aire a la salida alcanza valores de hasta 35°C, representando un incremento en la temperatura de hasta 15°C durante el breve instante de contacto con los tubos del radiador. Esto demuestra la eficiencia en la transferencia de calor por convección del sistema.

Ilustración 10.

Líneas de corriente del flujo de aire coloreadas con contornos de temperatura.



CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

En función del cumplimiento de los objetivos específicos planteados y de los resultados obtenidos mediante la simulación computacional del radiador automotriz, se establecen las siguientes conclusiones:

Conclusión 1:

Se cumplió el primer objetivo específico al determinar los parámetros técnicos y dimensiones óptimas del radiador, tomando como referencia un componente real perteneciente a una motocicleta Yamaha Jupiter MX 135. El análisis dimensional, junto con la estimación de la carga térmica generada por el motor, permitió justificar adecuadamente el número de tubos planos, las dimensiones del núcleo y la elección del material. Estos elementos fueron esenciales para asegurar una base sólida para el desarrollo del modelo tridimensional y para garantizar condiciones realistas en la simulación.

Conclusión 2:

Se cumplió el segundo objetivo específico mediante la construcción de un modelo tridimensional del radiador y la configuración de una simulación CFD orientada al análisis de flujo interno. La definición de condiciones de contorno precisas, la segmentación del dominio en subdominios fluidos, y la aplicación de un coeficiente de transferencia de calor representativo, permitieron reproducir el comportamiento térmico del sistema. La simulación evidenció un funcionamiento coherente con el diseño físico, demostrando la validez del enfoque empleado.

Conclusión 3:

Se cumplió el tercer objetivo específico al analizar los resultados de la simulación térmica. La reducción de temperatura del refrigerante desde 90 °C hasta 78.33 °C valida la capacidad del radiador para disipar una carga térmica estimada en 1900 W, dentro de las condiciones ambientales y operativas establecidas. Los resultados obtenidos confirmaron una adecuada eficiencia térmica, así como un patrón de flujo favorable, posicionando al modelo como un

recurso útil tanto para la validación técnica como para su aplicación con fines didácticos en el ámbito de la formación tecnológica.

4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda integrar el modelo simulado del radiador en actividades prácticas y académicas relacionadas con transferencia de calor, dinámica de fluidos y diseño de sistemas térmicos. La claridad de los resultados y la estructura del modelo facilitan su comprensión por parte de los estudiantes, fortaleciendo el aprendizaje aplicado en contextos reales.

Se recomienda emplear este modelo como base para futuras investigaciones o comparaciones con otros sistemas de refrigeración. Asimismo, se sugiere modificar parámetros como velocidad del aire, caudal de refrigerante o número de tubos para evaluar su impacto en la eficiencia del sistema, fomentando el pensamiento crítico y la experimentación digital.

Se recomienda considerar este tipo de análisis como herramienta complementaria en el desarrollo o evaluación de sistemas térmicos en motocicletas o vehículos pequeños, especialmente cuando se desee reducir costos de prototipado físico. La simulación CFD permite anticipar comportamientos térmicos y validar configuraciones antes de su implementación en campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alibre. (19 de Enero de 2024). *Alibre*. Obtenido de Introducción al diseño paramétrico 3D y su importancia en la ingeniería moderna: <https://www.alibre.com/es/blog/design-intent-a-guide-to-3d-parametric-modeling/>
- Ansys. (17 de Junio de 2025). *Ansys*. Obtenido de ¿Qué es la dinámica de fluidos Computacionales (CFD)?: <https://www.ansys.com/simulation-topics/what-is-computational-fluid-dynamics>
- Carrera, D. (2024). *Influencia del tamaño de porosidad en paneles de espuma de aluminio aplicadas como medio de atenuación de temperatura en un prototipo de radiador automotriz*. Riobamba: ESPOCH.
- Echeverría, D. (2025). *Desarrollo y validación de un modelo computacional para el diseño de intercambiadores de calor integrados en cargadores de coche eléctrico*. Navarra: UPNA.
- ESSS. (2 de Mayo de 2023). *ESSS*. Obtenido de 4 ejemplos de aplicación de simulación computacional en equipos industriales: <https://www.esss.com/es/blog/aplicacion-de-simulacion-computacional-en-equipos-industriales/>
- Imbert, J., & Guillen, R. (2014). Evaluación de un recuperador de calor en una industria frigorífica. *SciELO*.
- Jiménez, V., Mendoza, C., Gutierrez, H., & Trenado, J. (2021). Evaluación Experimental de Transferencia de Calor en un Radiador de un Motor de Combustión Interna de Encendido por Chispa. *Academia Journals*, 862-1029.
- León, D., & Zurita, L. (2021). *Modelado Térmico De Intercambiadores De Calor Usando Hojas De Cálculo*. Cuenca: UPS.
- MCAD. (20 de Noviembre de 2022). *MCAD*. Obtenido de Diseño asistido por computadora: ¿Qué es CAD?: <https://mcad.co/que-es-cad-diseno-asistido-por-computador/>
- MEGAL Radiadores. (22 de Marzo de 2023). *MEGAL*. Obtenido de ¿Qué es un radiador y cuántos tipos existen?: <https://www.megalradiadores.com.mx/que-es-un-radiador-y-cuantos-tipos-existen>
- Mercado, J. (2020). Evolución de los softwares de simulación para el Diseño y Construcción en la Industria. *Polo del Conocimiento*, 1333-1343.

- Mirlisenna, G. (22 de Enero de 2016). *ESSS*. Obtenido de Método de los elementos finitos: ¿qué es?: <https://www.esss.com/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>
- Ojeda, P., López, M., Farah, S., & Ramírez, A. (2009). CFD COMO UNA HERRAMIENTA PARA DISEÑO DE PRODUCTOS. *MEMORIAS DEL XV CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM*, 431-442.
- Renault. (14 de Enero de 2023). *Renault*. Obtenido de ¿Cuál es la función de un radiador?: <https://www.renault.com.mx/blog/valor/que-funcion-cumple-el-radiador-en-auto.html>
- ROBERTS Automotive and Industrial Parts Manufacturing Corporation. (4 de Junio de 2025). *ROBERTS*. Obtenido de Materials Used for Car Radiators: https://roberts-com-ph.translate.google.com/blog/materials-car-radiators/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- Rojas, D. (2012). *DISEÑO Y COMPARATIVA DE RADIADORES PARA VEHÍCULOS AUTOMÓVILES*. Pamplona: UPNA.
- Ruales, Á., Parra, J., & Zipaquirá, M. (2020). *Radiadores*. Bogotá: Universidad ECCI.
- Suárez, G. (2024). *Repositorio UIDE*. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/7276>
- ULEAM. (19 de Septiembre de 2012). *ULEAM*. Obtenido de Universidad Laica «Eloy Alfaro» de Manabí – ULEAM: <https://www.uleam.edu.ec/historia/>
- ULEAM Extensión El Carmen. (1 de Enero de 2023). *Uleam Extensión El Carmen*. Obtenido de Carrera de Electromecánica: <https://carreras.uleam.edu.ec/extension-el-carmen/carrera-electromecanica/>
- Wayken Rapid Manufacturing. (19 de Abril de 2024). *wayken*. Obtenido de Diseño de ingeniería explicado: proceso y pasos: <https://waykenrm.com/es/blogs/engineering-design-process/>

ANEXOS

Ilustración 11. Diagrama tipo Cut Plot del aire detrás del radiador con los contornos de temperatura, los vectores velocidad y las líneas de corriente..

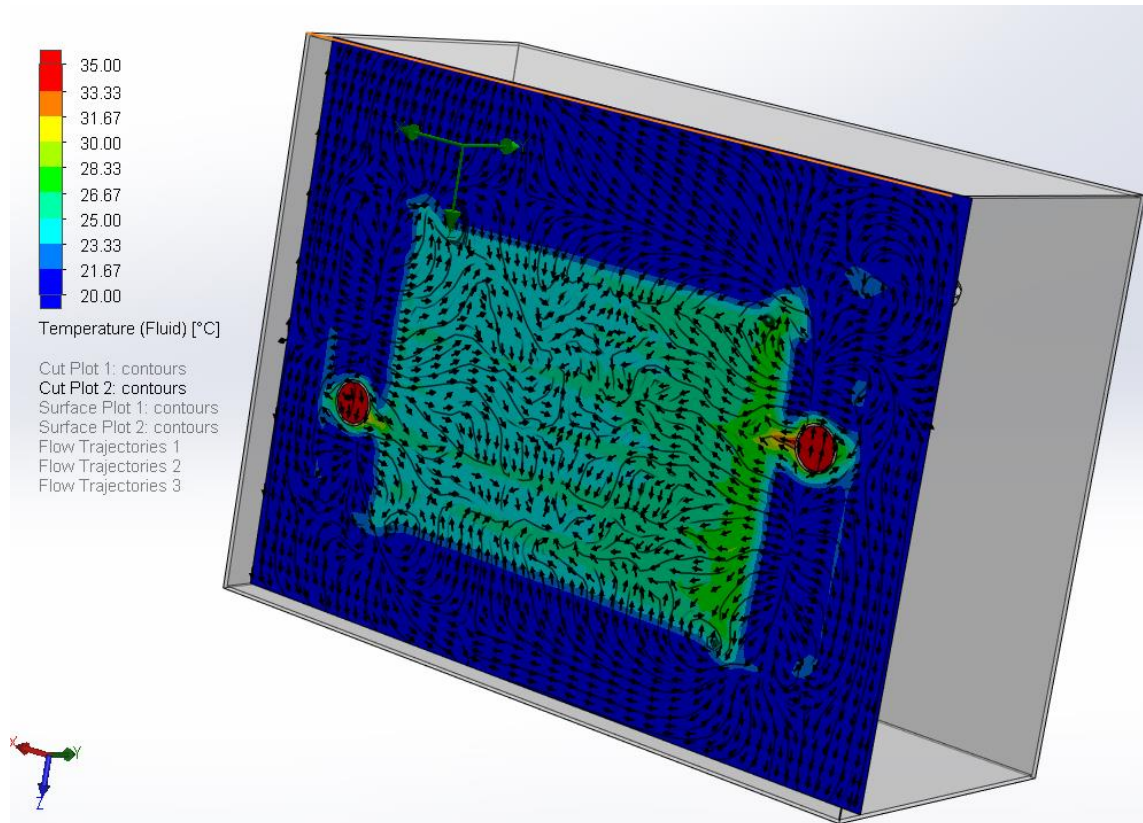
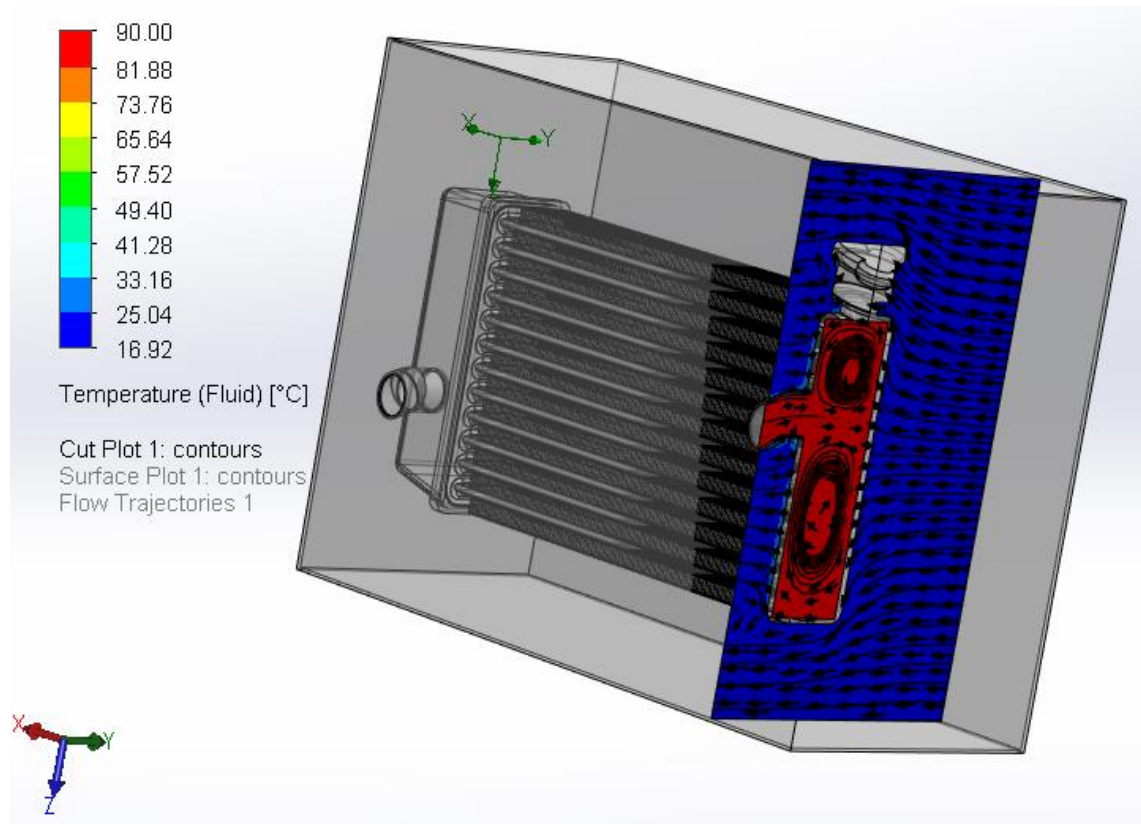


Ilustración 12.

Diagrama tipo Cut Plot donde se aprecia los vórtices creados por el flujo de entrada al radiador.



CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Extensión El Carmen de la carrera de Electromecánica de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Zambrano Hernandez Melanie Stefania, legalmente matriculado/a en la carrera de Electromecánica, período académico 2025(2), cumpliendo el total de 144 horas, cuyo tema del proyecto es "Diseño y simulación de un radiador automotriz para la carrera de electromecánica en la uleam extensión El Carmen".

El presente trabajo de titulación ha sido desarrollado en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 2 de febrero de 2026.

Lo certifico,



Ing. Fernando López, MSc.
Docente Tutor(a)
Área: Electromecánica

Melanie Zambrano - Carmen Vargas

4%
Textos sospechosos

- 2% Similitudes
= 1% similitudes entre consultas
= 1% entre las fuentes mencionadas
- 2% Idiomas no reconocidos
- 43% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Melanie Zambrano - Carmen Vargas.docx
ID del documento: fd830a2e12f4cbb2fb190b70112ad14c879237ba
Tamaño del documento original: 2,39 MB

Depositante: RENE FERNANDO LOPEZ BARBERAN
Fecha de depósito: 19/8/2025
Tipo de carga: Interface
fecha de fin de análisis: 19/8/2025

Número de palabras: 7098
Número de caracteres: 50.277

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Ortala.pdf #013595 Viene de de mi grupo 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (72 palabras)
2	MIGUE-CESAR-ELECTROMECHANICA.pdf MIGUE-CESAR-ELECTROMECHAN... #903ce0 Viene de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (48 palabras)
3	MENDOZA ZAMBRANO.pdf MENDOZA ZAMBRANO #42d759 Viene de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (44 palabras)
4	Documento de otro usuario #07b61a Viene de de otro grupo 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	CALDERON COOL.pdf CALDERON COOL #4d091d Viene de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
2	MIGUEL Y PAÚL GRIJALVA.docx EM-2025-1-11 #470089 Viene de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)
3	www.alibre.com Design Intent - Guía de modelado paramétrico 3D - Alibre https://www.alibre.com/es/blog/design-intent-a-guía-de-to-3d-parametric-modeling/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
4	MONTES JOSE - VERGARA ERICK.pdf MONTES JOSE - VERGARA ERICK #120307 Viene de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
5	es.scribd.com Método NUT PDF Intercambiador de calor Calor https://es.scribd.com/document/300318953/Metodo-NUT	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- 1 <https://www.ansys.com/simulation-topics/what-is-computational-fluid-dynamics>
- 2 <https://www.esss.com/es/blog/aplicacion-de-simulacion-computacional-en-equipos-industriales/>
- 3 <https://mcad.co/que-es-cad-diseno-asistido-por-computador/>
- 4 <https://www.megalradiadores.com.mx/que-es-un-radiador-y-cuantos-tipos-existen>
- 5 <https://www.esss.com/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>

