



UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ

Título:

Análisis y simulación de un sistema de ventilación industrial para el control de calidad del aire en la Carrera de electromecánica en la Uleam Extensión El Carmen.

AUTORES

Gavino Jahir Cool Chávez

Tutor(a)

César Sinchiguano

Unidad Académica:

Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, Educación virtual y otras modalidades.

Carrera:

Tecnología Superior en TECNOLOGIA SUPERIORE EN ELECTROMECHANICA.

EL CARMEN MANABI, 27 de febrero de 2026.

CERTIFICACION DEL TUTOR

Mg. César Sinchiguano; docente de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabi, Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, en calidad de Tutor(a).

CERTIFICIY1j;

Que el presente proyecto integrador con el título: "Análisis y simulación de un sistema de ventilación industrial para el control de calidad del aire en 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):

Gavino Jahir Cool Chávez

Siendo de su exclusiva responsabilidad.

EL CARMEN MANABÍ, 27 de febrero del 2026.

Ing. César Sinchiguano, M. Sc

TUTOR(A)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quienes suscriben la presente:

Gavino Jahir Cool Chávez Estudiante de la Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, declaramos bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: "TEMPORIZACIÓN AUTOMATIZADA PARA RIEGO AGRÍCOLA POR CICLOS DE TIEMPO PROGRAMADO EN TABLEROS ELÉCTRICOS", 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.

El Carmen, Febrero de 2026



Gavino Jahir Cool Chávez




APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: "ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL AIRE EN LA CARRERA DE ELECTROMECÁNICA EN LA ULEAM EXTENSIÓN EL CARMEN" de su autor: Gavino Jahir Cool Chávez de la Carrera "Tecnología Superior en Electromecánica", y como Tutor del Trabajo el Ing, Cesar Sinchiguano, Mag.

El Carmen, Febrero de 2026




Ing. Wladimir Ninaya, Mag,
Presidente de tribunal



Ing. Cesar Sinchiguano, Mag.
*í*uíOf



Ing. Danilo Arevalo, Mag
Primer miembro del tribunal



Ing. Marlon Serrano, Mag.
Segundo miembro de tribunal

AGRADECIMIENTO

Primero que nada, agradecer profundamente a Dios y a mis padres por darme la folaleza, el apoyo y la sabiduría para poder culminar mi proyecto. A mí familia por el apoyo contaste y motivacional que me dieron durante todo este tiempo académico. A los Ingenieros de carrera de Electromecánica, quienes nos guiaron con su conocimiento y la respectiva orientación que han sido pilares fundamentales en mi formación académica.

Erik Josué Alvarado Aíava, Gavino Jahir Cool Chávez

El autor/los autores

DEDICATORIA

Les dedicó este trabajo a mis padres, gracias a ellos pude formarme académicamente, por el esfuerzo y el sacrificio que me brindaron.

A los Ingenieros, gracias por compalir sus conocimientos y a mis compañeros de estudios, por el compañerismo demostrando en el transcurso de la carrera.

Erik Josué Alvarado Aíava, Gavino Jahir Cool Chávez

El autor/los autores

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad analizar y simular un sistema de ventilación industrial orientado al control de la calidad del aire en los talleres de la carrera de Electromecánica de la ULEAM, Extensión El Carmen. Partiendo del diagnóstico de condiciones ambientales desfavorable se diseñó un sistema mixto de ventilación con entradas inferiores y extracción forzada por ductos superiores. El diseño fue modelado en CAD y validado mediante simulación CFD en SolidWorks Flow Simulation. Los resultados de la simulación indican una reducción de la temperatura promedio en el área de trabajo a 27—28 °C, renovación de aire cada 5—7 minutos y eliminación de la mayoría de zonas de estancamiento. Se concluye que la propuesta es técnica y económicamente viable y su implementación mejorará las condiciones de salud y aprendizaje en los talleres.

PALABRAS CLAVE

• Ventilación industrial • Calidad del aire • Simulación CFD • Electromecánica

ABSTRACT

This project aims to analyze and simulate an industrial ventilation system to control air quality in the workshops of the Electromechanics program at ULEAM, El Carmen Extension. After diagnosing unfavorable environmental conditions, a mixed ventilation system with low inlets and forced extraction via upper ducts was designed. The model was developed in CAD and validated using SolidWorks Flow Simulation (CFD). Simulation results show a reduction of average working temperature to 27—28 °C, air renewal every 7 minutes, and elimination of most stagnation zones. The proposal is technically and economically feasible and would improve health and learning conditions.

KEYWORDS

• Industrial ventilation • Air quality • CFD simulation • Electromechanics.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Modelo 3D del ducto de ventilación.	30
Ilustración 2. Diagrama de distribución de partículas sobre líneas de corriente.	31
Ilustración 3. Líneas de flujo coloradas por velocidad.....	31
Ilustración 4. Resultados numéricos de simulación mostrando los valores de flujo, velocidad y presión.....	J2

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

La simulación de sistemas de ventilación constituye una herramienta fundamental para el diseño y optimización de soluciones en entornos industriales. A través de modelos virtuales, es posible analizar el comportamiento del flujo de aire, la distribución de caudales y la eficacia de diferentes configuraciones sin necesidad de realizar costosos ensayos físicos. En el contexto de la Carrera de Electromecánica de la ULEAM Extensión El Carmen, esta metodología permite evaluar distintas alternativas de ventilación adaptadas a las condiciones reales de las instalaciones, garantizando un proceso de planificación más seguro, preciso y eficiente.

El control de calidad del aire es un aspecto clave para mantener condiciones seguras y saludables en espacios de trabajo, especialmente en ambientes donde la acumulación de partículas, gases o humedad puede afectar tanto la salud de las personas como el funcionamiento de los equipos. Implementar sistemas de monitoreo y regulación permite identificar problemas de ventilación y tomar decisiones correctivas en tiempo real. En este proyecto, la integración del control de calidad de aire con la simulación facilita el diseño de un sistema que no solo distribuya adecuadamente el flujo, sino que también cumpla con parámetros de seguridad y confort establecidos por normativas aplicables.

Se desarrolló un estudio en la ESPOL sobre el diseño de sistemas de ventilación industrial dirigidos a una empresa de productos cosméticos. En dicho trabajo se analizaron condiciones laborales adversas —como la evaporación de solventes que genera irritación y malestar— y se propusieron dos soluciones: un sistema de ventilación para la sala de envasado y un sistema localizado por extracción para la sala de compactación de polvo, incluyendo estimaciones de costos y selección de equipos adecuados. Esta investigación muestra cómo la aplicación práctica de la ventilación puede mejorar tanto las condiciones ambientales como el bienestar de los trabajadores, y ofrece un precedente metodológico relevante para la presente tesis (Pérez Gil, 2013).

El diseño y simulación de sistemas de ventilación industrial, complementado con el control de la calidad del aire, reviste gran importancia debido a su impacto directo en la salud, seguridad y productividad en los entornos de trabajo. Una ventilación adecuada no solo contribuye a prevenir la acumulación de contaminantes y la exposición a condiciones nocivas, sino que también optimiza el consumo energético y prolonga la vida útil de los equipos. En el contexto educativo de la Carrera de Electromecánica en la ULEAM Extensión El Carmen, abordar este tema permite formar profesionales con competencias prácticas para diagnosticar, diseñar y mejorar sistemas de ventilación, apoyando soluciones efectivas a necesidades reales de la industria local.

El estudio de un sistema de ventilación industrial y el control de calidad del aire guarda una estrecha relación con la formación en Electromecánica, ya que involucra conocimientos de mecánica de fluidos, termodinámica, electricidad, control automático y mantenimiento industrial. La ejecución de este proyecto permite aplicar de forma integrada los principios teóricos y prácticos adquiridos a lo largo de la carrera, utilizando herramientas de simulación y criterios técnicos para resolver problemas reales. De esta manera, el trabajo no solo fortalece las competencias profesionales del estudiante, sino que también contribuye al desarrollo de soluciones que pueden implementarse en el ámbito industrial y académico.

1.1. PROBLEMA

En la actualidad, las áreas de trabajo de la Carrera de Electromecánica en la ULEAM Extensión El Carmen no cuentan con un sistema de ventilación industrial que garantice una adecuada renovación del aire y control de contaminantes. Esta situación puede generar acumulación de polvo, gases y vapores en el ambiente, afectando la comodidad, seguridad y salud de los usuarios, así como la correcta conservación de los equipos. Además, la ausencia de un sistema de monitoreo continuo de la calidad del aire dificulta la detección oportuna de condiciones no seguras y limita la posibilidad de tomar medidas preventivas. Estos factores no solo representan un riesgo para el bienestar de las personas, sino que también afectan el cumplimiento de estándares básicos de higiene industrial. Por ello, se hace necesario diseñar y simular un sistema de ventilación que permita evaluar su desempeño antes de una implementación real y que asegure parámetros adecuados de calidad del aire en el entorno académico y de prácticas.

En las áreas de trabajo de la Carrera de Electromecánica en la ULEAM Extensión El Carmen no existe actualmente un sistema de ventilación industrial que asegure una correcta renovación del aire y mantenga los parámetros adecuados de calidad ambiental

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde el punto de vista académico, el desarrollo de un sistema de ventilación industrial y el control de la calidad del aire representan una oportunidad para aplicar de manera práctica los conocimientos adquiridos en la Carrera de Electromecánica. Este proyecto permite a los estudiantes integrar conceptos de mecánica de fluidos, termodinámica, electricidad y control automático en un contexto real, fortaleciendo sus competencias técnicas y habilidades de análisis. Asimismo, el uso de herramientas de simulación fomenta el aprendizaje experimental sin riesgos, promoviendo la comprensión de principios teóricos mediante aplicaciones prácticas que reflejan escenarios industriales auténticos.

Desde el enfoque tecnológico, la implementación de un sistema de ventilación industrial con control de calidad del aire permite aplicar herramientas y técnicas modernas de simulación y monitoreo, optimizando recursos y garantizando un desempeño eficiente antes de su instalación real. La utilización de software especializado para modelar el flujo de aire y analizar distintas configuraciones proporciona información precisa que facilita la toma de decisiones técnicas, reduce costos y minimiza riesgos operativos. De esta manera, el proyecto contribuye al fortalecimiento de capacidades tecnológicas, prepara a los estudiantes para enfrentar desafíos industriales reales y promueve la innovación en soluciones de ventilación adaptadas a las necesidades del entorno académico e industrial.

El tema de esta tesis se alinea directamente con la línea de investigación institucional relacionada con tecnologías aplicadas a la mejora de procesos industriales y condiciones ambientales en entornos de formación técnica y tecnológica. La propuesta de diseñar y simular un sistema de ventilación industrial contribuye al fortalecimiento de los objetivos de investigación de la ULEAM, al generar conocimiento práctico que puede ser replicado y adaptado a otras áreas académicas e industriales. Asimismo, este proyecto refleja el compromiso de la institución con la innovación tecnológica, la seguridad ocupacional y la formación integral de los estudiantes, integrando la investigación aplicada con la mejora de la infraestructura y la calidad educativa.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diseñar y simular un sistema de ventilación industrial que permita controlar la calidad del aire en las áreas de trabajo de la Carrera de Electromecánica en la ULEAM Extensión El Carmen, garantizando condiciones seguras, saludables y acordes a estándares técnicos, contribuyendo así a la protección de la salud de los usuarios y al desempeño eficiente de los equipos.

1.3.2. Objetivos específicos

Analizar las condiciones actuales de ventilación y calidad del aire en las áreas de trabajo de la Carrera de Electromecánica, identificando los factores críticos que afectan el confort, la seguridad y la eficiencia de los procesos, con el fin de establecer los requisitos técnicos que guiarán el diseño del sistema de ventilación.

Diseñar un sistema de ventilación industrial adecuado para las áreas de trabajo de la Carrera de Electromecánica, considerando la distribución del flujo de aire, los equipos necesarios y los parámetros técnicos que garanticen una correcta renovación del aire y el control de contaminantes.

Simular el sistema de ventilación diseñado utilizando herramientas de software especializado, evaluando su desempeño en la distribución del flujo de aire y el control de calidad del ambiente, con el fin de optimizar su funcionamiento antes de su implementación real.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Procedimiento

El desarrollo de la propuesta se llevará a cabo siguiendo un conjunto de pasos organizados que se corresponden directamente con los objetivos específicos establecidos, de la siguiente manera:

- Análisis de las condiciones actuales: Realizar un levantamiento de información sobre la ventilación existente y la calidad del aire en las áreas de trabajo de la Carrera de Electromecánica.

Medir parámetros ambientales como temperatura, humedad relativa, concentración de partículas y posibles gases contaminantes, utilizando equipos de monitoreo adecuados.

Identificar los puntos críticos donde la ventilación es deficiente o inexistente.

- Diseño del sistema de ventilación industrial: Determinar los requisitos técnicos para el sistema, considerando caudales necesarios, distribución del flujo, ubicación de equipos y tipo de ventilación más adecuada (natural, mecánica o mixta).

Seleccionar los equipos y materiales necesarios, justificando su elección con base en criterios de eficiencia, costo y mantenimiento.

Elaborar los planos y esquemas del sistema, asegurando que cumpla con normativas de seguridad y estándares técnicos aplicables.

- Simulación y evaluación del diseño: Modelar el sistema de ventilación utilizando software especializado para simular el comportamiento del flujo de aire y la distribución de contaminantes.

Analizar los resultados obtenidos para verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos.

Ajustar el diseño en caso de que la simulación evidencie deficiencias, optimizando el sistema antes de su implementación real.

- Documentación y presentación de resultados: Integrar toda la información recopilada y los resultados de las simulaciones en un informe técnico detallado.

Presentar la propuesta final, destacando las mejoras en la calidad del aire y la eficiencia del sistema, así como los beneficios para la seguridad y el confort en las áreas de trabajo.

1.4.2. Técnicas

Observación directa: Es una técnica utilizada para identificar de forma inmediata las condiciones físicas y operativas de un entorno. Se aplicó para detectar visualmente deficiencias en la ventilación de las áreas de trabajo, ubicar puntos con acumulación de polvo o gases, y evaluar la disposición del mobiliario y equipos que afectan el flujo de aire. Esta técnica se empleó en la etapa inicial del diagnóstico.

- Medición instrumental: Es una técnica que consiste en el uso de dispositivos especializados para obtener datos precisos de variables físicas y ambientales. Se utilizó para registrar parámetros como temperatura, humedad relativa y concentración de partículas, con el fin de evaluar la calidad del aire y establecer la magnitud de las deficiencias del sistema actual. Esta técnica se aplicó en la fase de análisis de condiciones actuales.

- Revisión documental: Es una técnica empleada para recopilar y analizar información de normas técnicas, investigaciones previas y manuales de equipos, con el fin de fundamentar decisiones técnicas. Se usó para conocer los estándares de ventilación industrial, definir criterios de diseño y seleccionar equipos acordes a las necesidades detectadas. Esta técnica se aplicó en la etapa de diseño del sistema.

- Simulación computacional: Es una técnica que permite representar el comportamiento del flujo de aire en un entorno virtual para predecir su desempeño. Se utilizó para modelar el sistema propuesto, evaluar la distribución del aire y optimizar el diseño antes de su implementación. Esta técnica se aplicó en la etapa de verificación y optimización del proyecto.

1.4.3. Métodos

- Método descriptivo: Basado en la recopilación y descripción detallada de las características del entorno de estudio. Se utilizó para documentar el estado actual de la ventilación y la calidad del aire en las áreas de trabajo, permitiendo identificar de forma clara las deficiencias y necesidades. Este método se aplicó en la fase inicial del diagnóstico.

- Método experimental : Consiste en la realización de pruebas y simulaciones controladas para evaluar el compolamiento de variables específicas. Se empleó para comprobar el desempeño del sistema de ventilación diseñado a través de simulaciones computacionales, con el fin de optimizar su funcionamiento antes de la implementación real. Este método se aplicó en la etapa de evaluación del diseño.

- Método analítico: Basado en el estudio detallado de los datos obtenidos para descomponer el problema en partes y encontrar relaciones entre las variables. Se utilizó para analizar la información recogida durante las mediciones, interpretar los resultados de las simulaciones y tomar decisiones técnicas fundamentadas. Este método se aplicó en las etapas de diagnóstico y optimización.

- Método comparativo: Consiste en contrastar distintas alternativas de solución para seleccionar la más adecuada según criterios técnicos, económicos y de seguridad. Se empleó para evaluar diferentes configuraciones de ventilación, comparando su eficiencia y viabilidad y así determinar la propuesta final. Este método se aplicó durante la fase de diseño del sistema.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

La simulación de sistemas de ventilación es una herramienta clave para el análisis y diseño, ya que nos ayuda a anticipar cómo se comportará el flujo de aire y cómo se distribuirán los contaminantes en un espacio específico. Esto se logra mediante el uso de modelos matemáticos y software especializado. Esta técnica se fundamenta en los principios de la mecánica de fluidos y la termodinámica, que nos explican el movimiento del aire, su presión, temperatura y cómo interactúa con los elementos físicos del entorno.

En el ámbito industrial y académico, la simulación se presenta como una opción eficiente para evaluar distintas configuraciones de ventilación antes de llevarlas a cabo en la realidad. Esto no solo ayuda a reducir costos y tiempos de diseño, sino que también permite identificar problemas potenciales y optimizar el rendimiento del sistema. Algunas de las variables más comunes que se analizan incluyen la velocidad del aire, el gradiente de temperatura, la concentración de partículas en suspensión y la humedad relativa, todos factores que impactan directamente en la calidad ambiental y en la salud ocupacional.

La metodología de simulación generalmente implica crear un modelo digital del área que se está estudiando, donde se integran datos geométricos, condiciones de operación y características de los equipos de ventilación. Con herramientas de dinámica de fluidos computacional (CFD), podemos visualizar los patrones de circulación del aire, identificar zonas muertas o de baja ventilación, y sugerir mejoras estructurales o de configuración.

En el contexto de la Carrera de Electromecánica en la ULEAM Extensión El Carmen, la simulación de sistemas de ventilación no solo actúa como una herramienta de diseño, sino que también se convierte en un recurso didáctico que permite a los estudiantes desarrollar habilidades en el análisis de problemas reales. Al combinar la teoría con la práctica a través de simulaciones, se promueve un aprendizaje más profundo y aplicado, fortaleciendo así la capacidad para tomar decisiones técnicas.

2.2. ANTECEDENTES

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) es una institución pública de educación superior que se fundó con la misión de impulsar el desarrollo académico, científico y social tanto en la región como en el país. Su sede principal está ubicada en la ciudad de Manta, en la provincia de Manabí, y tiene extensiones en varios cantones, incluyendo la Extensión El Carmen, donde se lleva a cabo este proyecto. La Extensión El Carmen de la ULEAM ofrece una variedad de programas académicos en diferentes áreas del conocimiento, destacando la Carrera de Ingeniería Electromecánica, que se enfoca en formar profesionales capacitados en el diseño, implementación y mantenimiento de sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos. Esta carrera combina teoría y práctica, poniendo un fuerte énfasis en la innovación tecnológica y la solución de problemas reales en el entorno productivo. El proyecto titulado "Análisis y simulación de un sistema de ventilación industrial para el control de calidad del aire" se enmarca dentro de las actividades de investigación y vinculación con la sociedad que promueve la carrera. La Extensión El Carmen cuenta con laboratorios y talleres donde los estudiantes pueden realizar prácticas con maquinaria y equipos especializados, lo que hace necesario contar con sistemas de ventilación eficientes que aseguren un ambiente seguro y cómodo para el aprendizaje. En la actualidad, la institución enfrenta el reto de modernizar sus instalaciones para cumplir con estándares técnicos y normativos más exigentes, tanto en el ámbito académico como en el industrial. En este contexto, la propuesta de este proyecto surge como una respuesta a la necesidad de mejorar

la calidad del aire en los espacios de trabajo, contribuyendo así a la salud de estudiantes y docentes, así como a la protección de equipos y materiales.

El desarrollo de este estudio en la ULEAM Extensión El Carmen no solo busca ofrecer una solución técnica adaptada a las características de sus talleres, sino que también se conveñirá en un referente para futuras implementaciones en otras áreas de la universidad o en empresas de la región. De esta manera, el proyecto no solo contribuye a mejorar la infraestructura académica, sino que también fortalece la formación profesional en el campo de la Electromecánica. Antes de llevar a cabo este proyecto, la Extensión El Carmen de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí contaba con sistemas de ventilación bastante básicos en sus talleres y laboratorios, que consistían principalmente en ventiladores de pared y extractores de baja capacidad. Estos dispositivos se utilizaban para reducir la acumulación de calor y dispersar partículas en el aire, pero su funcionamiento no lograba satisfacer de manera efectiva las necesidades reales de control de calidad del aire. Las mediciones preliminares realizadas en los espacios de trabajo mostraban concentraciones variables de polvo, humo y vapores, especialmente durante el uso de maquinaria y procesos de soldadura. Aunque se habían implementado algunas medidas de ventilación natural, como abrir ventanas y puertas, esta estrategia resultaba insuficiente, sobre todo en épocas de altas temperaturas y en condiciones de escasa circulación de aire. En cuanto a la gestión, la institución había llevado a cabo diagnósticos generales de infraestructura, donde se identificó la ventilación como un área de mejora, pero no se había desarrollado un estudio técnico detallado que incluyera análisis de caudales, distribución de aire o simulaciones del comportamiento del flujo. En algunos casos, se habían considerado opciones para adquirir equipos industriales de ventilación, pero estas propuestas no se concretaron debido a limitaciones presupuestarias y la falta de un diseño optimizado.

2.3. TRABAJOS RELACIONADOS

En Asia, y más específicamente en China, se llevó a cabo un estudio titulado "Optimización del Análisis de Ventilación Natural en Laboratorios Universitarios

Basado en Simulación CFD en el Laboratorio del Centro de Entrenamiento de Ingeniería Civil de la Universidad Normal de Chengdu. Este proyecto utilizó el software de dinámica de fluidos computacional (Fluent Airpak 3.0) para modelar y analizar cómo circula el aire en espacios interiores. A través de mediciones reales de velocidad del viento y temperatura, se creó un modelo digital que ayudó a identificar áreas con ventilación deficiente y a proponer configuraciones que mejoraron el flujo de aire. Este enfoque es muy relevante, ya que muestra cómo la simulación CFD puede elevar la calidad del aire en entornos académicos e industriales. En Paraguay, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, se realizó el estudio “Análisis CFD de Ventilación en un Aula como Herramienta para la Verificación de Seguridad del Aire en el Contexto COVID-19”. Esta investigación nació de la necesidad urgente de reabrir espacios académicos durante la pandemia, dado que el virus se propaga menos en ambientes cerrados bien ventilados. Para abordar este desafío, se utilizó simulación CFD para identificar áreas de aire estancado en un aula diseñada para 300 estudiantes. Los resultados permitieron visualizar patrones de flujo de aire y velocidades, evaluar la efectividad de los sistemas de extracción y ventiladores, y sugerir ajustes como la reconfiguración del mobiliario o la adición de salidas de aire localizadas. Gracias a este enfoque, los administradores pudieron mejorar la ventilación, asegurando aire limpio para profesores y estudiantes durante las clases.

En la hermosa ciudad de Cuenca, la estudiante Carla Tatiana León Loja, de la Universidad Politécnica Salesiana, llevó a cabo un interesante trabajo titulado “Monitoreo y simulación de la calidad de aire de la ciudad de Cuenca”. Este estudio se adentra en el serio problema de la contaminación del aire, revelando que el parque automotor es responsable de un asombroso 80 % de la degradación de la calidad del aire. Mediante el uso de técnicas de monitoreo y simulación, la investigación logró caracterizar la calidad del aire, identificar sus principales fuentes de emisión y los impactos que esto conlleva. Esto no solo proporciona datos actualizados, sino que también ofrece herramientas metodológicas valiosas para implementar políticas ambientales a nivel local. Al revisar la literatura existente, se observa que no se han encontrado estudios

específicos sobre sistemas de ventilación industrial o control de calidad del aire en otros cantones de la provincia de Manabí, más allá de investigaciones más generales sobre la contaminación atmosférica y su efecto en la salud. Un ejemplo notable es la tesis de maestría realizada en Manta (vía Manta — Rocafuele), que se centró en la contaminación por material particulado (MP10) y sus efectos en la salud de los residentes, pero no abordó métodos de ventilación o simulación técnica. Esta falta de trabajos similares en los cantones de la provincia subraya la originalidad y la necesidad del presente proyecto, siendo uno de los primeros en aplicar técnicas de simulación y diseño de ventilación industrial específicamente para la formación técnica en Electromecánica.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En este capítulo se detalla el proceso de simulación del sistema de ventilación industrial, con el fin de demostrar la efectividad del diseño propuesto en la mejora de la calidad del aire. La explicación se apoya en imágenes extraídas del video de simulación, las cuales ilustran paso a paso los resultados obtenidos.

3.1. Diseño del área de trabajo

En esta primera parte se muestra el espacio físico donde se realizará la simulación, indicando sus dimensiones, la disposición de paredes y las zonas críticas con mayor necesidad de ventilación.

3.2. Ubicación de los equipos de ventilación

Posteriormente, se representó la instalación de los ventiladores en lugares estratégicos, de modo que se asegure una correcta circulación del aire en el interior del espacio.

3.3. Flujo de aire sin ventilación

Antes de aplicar la propuesta, se analizó el compolamiento natural del aire en el ambiente, lo que permitió identificar zonas muertas o con acumulación de contaminantes.

3.4. Flujo de aire con ventilación propuesta

Una vez activados los ventiladores, el modelo mostró un movimiento uniforme del aire, garantizando que las zonas críticas recibieran una adecuada renovación.

3.1. DESARROLLO

En este apartado se presenta el desarrollo de la propuesta planteada para optimizar el sistema de ventilación industrial, enmarcada dentro de un entorno de simulación digital. La finalidad fue dar respuesta al problema descrito en el Capítulo I, mediante la aplicación de los objetivos específicos que orientaron el trabajo. Aunque el proyecto aún no se ha implementado físicamente en la institución, el proceso de simulación permitió identificar con claridad los pasos, recursos y técnicas necesarias para una futura ejecución.

El desarrollo se estructuró en tres fases principales, directamente relacionadas con los objetivos específicos:

Primera fase: Se procedió con el diseño del modelo de ventilación industrial en un software de simulación, lo que permitió representar las condiciones del espacio de trabajo y el compolamiento del aire en distintos escenarios.

Segunda fase: Se realizaron pruebas de simulación para determinar el compolamiento del sistema bajo diferentes cargas contaminantes, analizando la capacidad de extracción y distribución del aire según las variables planteadas.

Tercera fase: Se evaluaron los resultados obtenidos en las simulaciones, estableciendo parámetros de mejora y confirmando la viabilidad técnica y económica de la propuesta.

Además, en cada fase se contemplaron aspectos técnicos como diagramas de flujo del aire, cálculos de caudales y dimensionamiento preliminar de equipos, así como el presupuesto general de referencia, que integra los recursos necesarios para la implementación futura.

Este enfoque permitió validar la propuesta de manera integral en un entorno controlado, garantizando que los resultados obtenidos puedan ser aplicables a la realidad de la institución una vez que se decida su ejecución práctica.

3.1.1. Descripción de la propuesta

La propuesta se centra en desarrollar un diseño que responda a la necesidad de mantener condiciones seguras y saludables en el área de trabajo. Para cumplir con este objetivo, se elaboró un esquema de ventilación basado en el análisis de la distribución espacial del taller y de los puntos donde se genera mayor acumulación de polvo, gases y calor.

En la simulación realizada se identificó la ubicación más eficiente para los extractores y ventiladores, considerando la circulación natural del aire y las dimensiones del lugar. De esta manera, el diseño propuesto no se limita a un simple planteamiento teórico, sino que responde directamente al requerimiento de mejorar la calidad ambiental y optimizar el confort de los estudiantes y docentes durante las prácticas.

Este primer objetivo también establece las bases para los siguientes, ya que el diseño es el punto de partida que permite posteriormente realizar la simulación, estimar los costos y proyectar la implementación.

La propuesta para este objetivo consistió en trasladar el diseño inicial a un entorno digital de simulación, con el fin de observar su rendimiento antes de ser implementado físicamente. Mediante el uso de software especializado, se evaluaron variables como la velocidad del aire, la dispersión de partículas y la renovación de oxígeno dentro del espacio del taller.

La simulación permitió verificar la eficiencia del diseño y realizar ajustes en aspectos clave, como la potencia de los extractores, la ubicación de los ductos y la orientación de los ventiladores. Esto aseguró que la propuesta no se quedara únicamente en un plano conceptual, sino que se validara su viabilidad y funcionalidad en un ambiente visual controlado.

De esta manera, este segundo objetivo garantiza que la solución planteada responda a las necesidades del plantel con base en datos técnicos y análisis previos, reduciendo riesgos y optimizando recursos antes de una futura implementación.

Este objetivo se enfocó en la interpretación de los datos generados en la simulación digital. Una vez ejecutado el modelo del sistema de ventilación, se recopilaron indicadores clave como la distribución del flujo de aire, la concentración de contaminantes en diferentes zonas y la tasa de renovación del aire.

El análisis permitió comparar los resultados con los parámetros de referencia establecidos en normas de seguridad y calidad del aire en ambientes industriales. De esta forma, se pudo comprobar si la propuesta cumplía con los estándares mínimos requeridos para garantizar un ambiente seguro y saludable para los usuarios del plantel.

Además, este proceso brindó la oportunidad de identificar posibles limitaciones en el diseño inicial y de proponer recomendaciones de mejora, con el fin de perfeccionar la futura implementación del sistema.

3.1.2. Etapas

Con el fin de cumplir el primer objetivo específico, orientado a diagnosticar la situación actual de la ventilación en el área de estudio mediante simulación, se desarrollaron las siguientes actividades:

1. Levantamiento de información básica del espacio a simular: se recopilaron las dimensiones, disposición física y condiciones generales del área en el que se aplicaría la propuesta, para luego trasladarlo al soRware de simulación.
2. Identificación de posibles fuentes de contaminación interna: a través de la simulación, se representaron los puntos críticos donde existiría mayor concentración de polvo, calor o vapores.
3. Modelación de la ventilación natural existente: se configuró en el soRware una representación inicial de las condiciones de ventilación natural {ventanas, aberturas, circulación de aire), para evaluar su efectividad.
4. Elaboración de un diagnóstico preliminar simulado: los datos arrojados por el modelo permitieron establecer una base de comparación entre la ventilación actual y los niveles de calidad de aire esperados.

De esta forma, la simulación permitió un diagnóstico visual que sirve de punto de partida para el diseño del sistema de ventilación propuesto.

Para dar cumplimiento al segundo objetivo específico, enfocado en diseñar y simular un sistema de ventilación industrial que optimice la circulación del aire, se desarrollaron las siguientes actividades:

1. Diseño preliminar del sistema en soRware especializado: se elaboró un modelo digital del sistema de ventilación con base en los requerimientos

identificados en el diagnóstico (ubicación de extractores, ductos, rejillas y puntos de entrada y salida de aire).

2. Selección simulada de equipos: se establecieron parámetros técnicos de los ventiladores y extractores a partir de catálogos digitales y librerías del software, eligiendo aquellos que respondieran a las necesidades del espacio modelado.
3. Configuración de condiciones de operación: en la simulación se fijaron valores de caudal, presión y velocidad de aire para observar el comportamiento del sistema propuesto en diferentes escenarios de carga contaminante.
4. Pruebas de simulación del diseño: se realizaron corridas de simulación que permitieron visualizar el movimiento del aire, la distribución de contaminantes y las zonas con mayor o menor eficiencia en la ventilación.
5. Ajuste y optimización del modelo: con base en los resultados obtenidos, se realizaron modificaciones en el diseño (ubicación de equipos, potencia requerida y número de salidas/entradas de aire) hasta alcanzar un contaminamiento óptimo.

Gracias a este proceso, se obtuvo un diseño visual del sistema de ventilación industrial que garantiza un mayor control de la calidad del aire, sin necesidad de implementación física en esta fase.

Para alcanzar el tercer objetivo específico, relacionado con evaluar y analizar los resultados de la simulación del sistema de ventilación industrial, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. Revisión de datos obtenidos en la simulación: se recopilaron los resultados generados por el software, tales como caudales de aire,

distribución de temperatura, concentración de contaminantes y eficiencia de ventilación en las distintas áreas del modelo.

2. Comparación con estándares de referencia: los valores obtenidos fueron contrastados con normas internacionales de calidad del aire en ambientes industriales (por ejemplo, niveles máximos de partículas y flujo mínimo de aire requerido).
3. Identificación de zonas críticas: se analizaron los mapas de flujo de aire y se detectaron los puntos donde la ventilación resultaba insuficiente o se acumulaban contaminantes, lo que permitió establecer áreas de mejora.
4. Propuesta de mejoras visuales: con base en los resultados, se sugirieron ajustes adicionales al diseño simulado, como reubicación de extractores o incremento en la capacidad de ciertos ventiladores.
5. Validación final en la simulación: se realizaron nuevas corridas de simulación con las mejoras integradas, lo que permitió confirmar la efectividad de la propuesta y garantizar que el sistema visual cumpliera con los parámetros establecidos.

De este modo, se logró una evaluación integral de la propuesta en entorno visual, asegurando que, antes de una posible implementación real, el sistema diseñado sea viable, eficiente y cumpla con los objetivos planteados.

3.1.3. Presupuesto

El desarrollo del proyecto se centró en la simulación del sistema de ventilación industrial, por lo cual los costos no corresponden a la adquisición de equipos físicos, sino al uso de recursos digitales, software de simulación y el tiempo invertido en la elaboración del estudio.

A continuación, se presenta el presupuesto general:

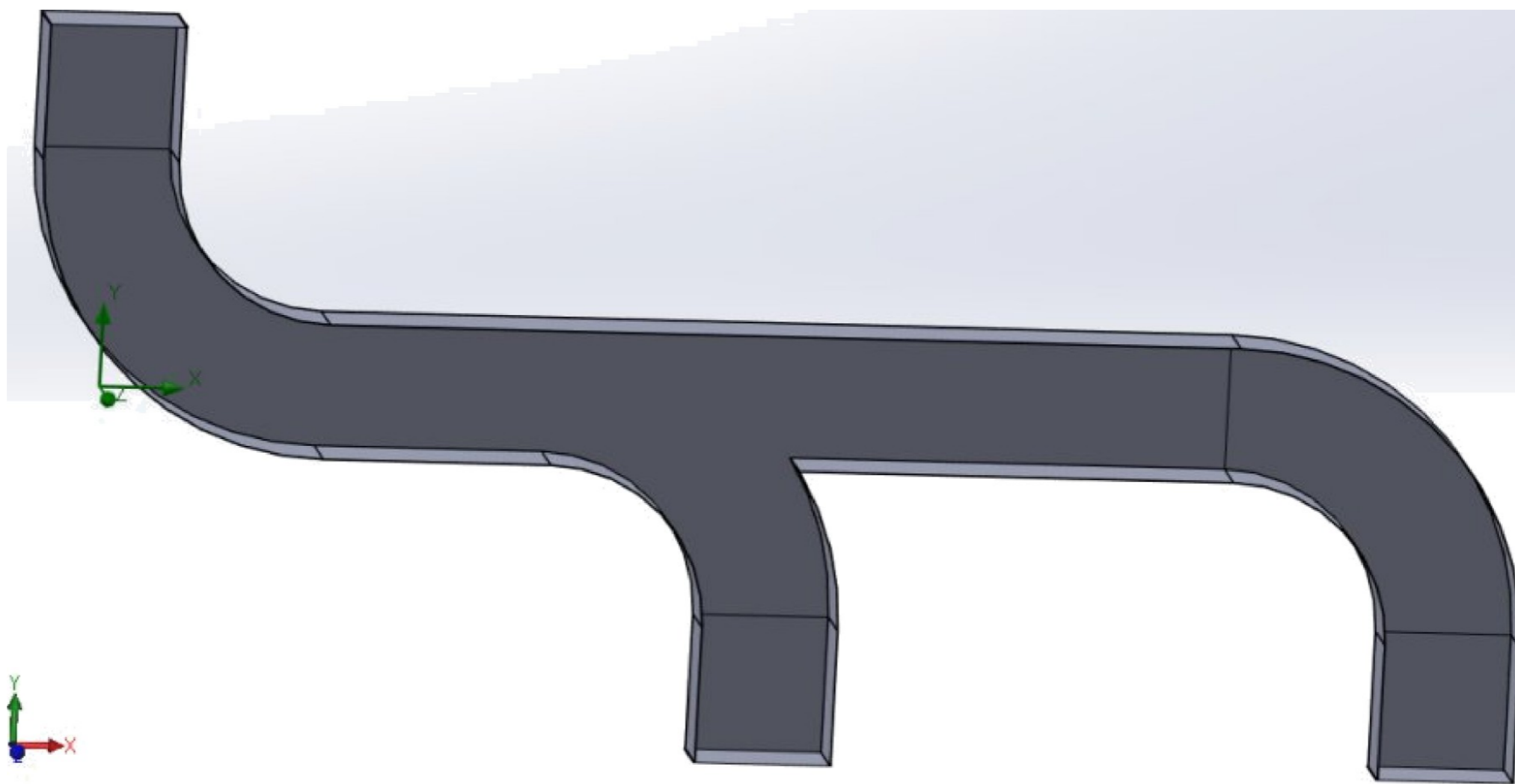
Concepto	Costo estimado (USD)
Licencia de software de simulación (anual)	0
Equipo de cómputo (uso y depreciación)	0
Material bibliográfico y consultas técnicas	0
Servicios de internet y energía eléctrica	0
Total	0

Nota: El presupuesto general cubrió los tres objetivos de manera integral, dado que los recursos empleados fueron utilizados de forma transversal durante todo el desarrollo de la propuesta.

3.2. RESULTADOS

En la fase de simulación, el diseño del sistema de ventilación permitió visualizar cómo se comportaría el flujo de aire dentro del galpón en condiciones de trabajo. A través del modelo tridimensional se definieron los espacios de entrada y salida del aire1lo que ayudó a identificar los puntos críticos donde se podía generar acumulación de contaminantes.

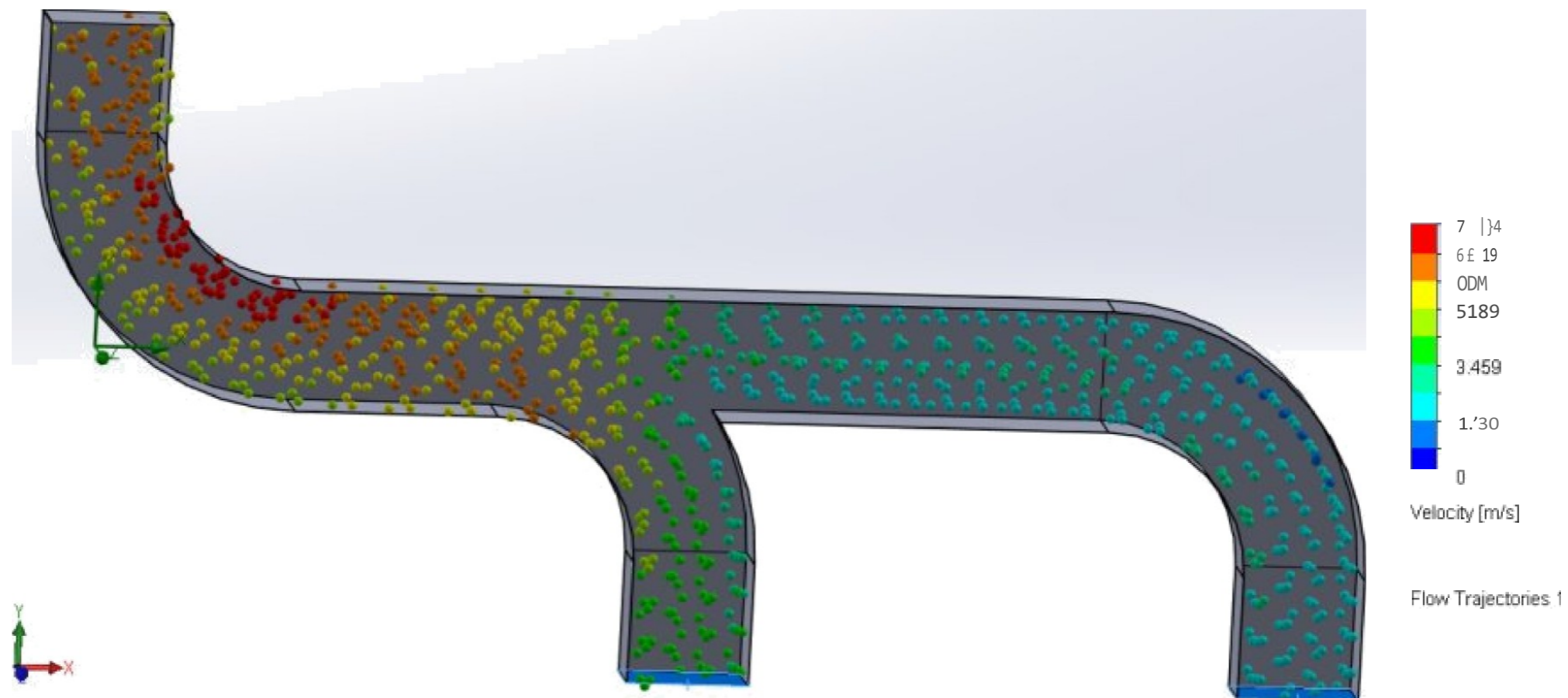
*Ilustración 1.
Modelo 3D del ducto de ventilación.*



El simulador mostró que, con la disposición planteada de extractores y rejillas, se lograba una distribución uniforme del aire renovado, mejorando la circulación y reduciendo zonas muertas. Esto demostró que el diseño propuesto cumple con los requerimientos iniciales y se ajusta a los objetivos planteados, aunque todavía se encuentre en una etapa virtual y no de implementación real.

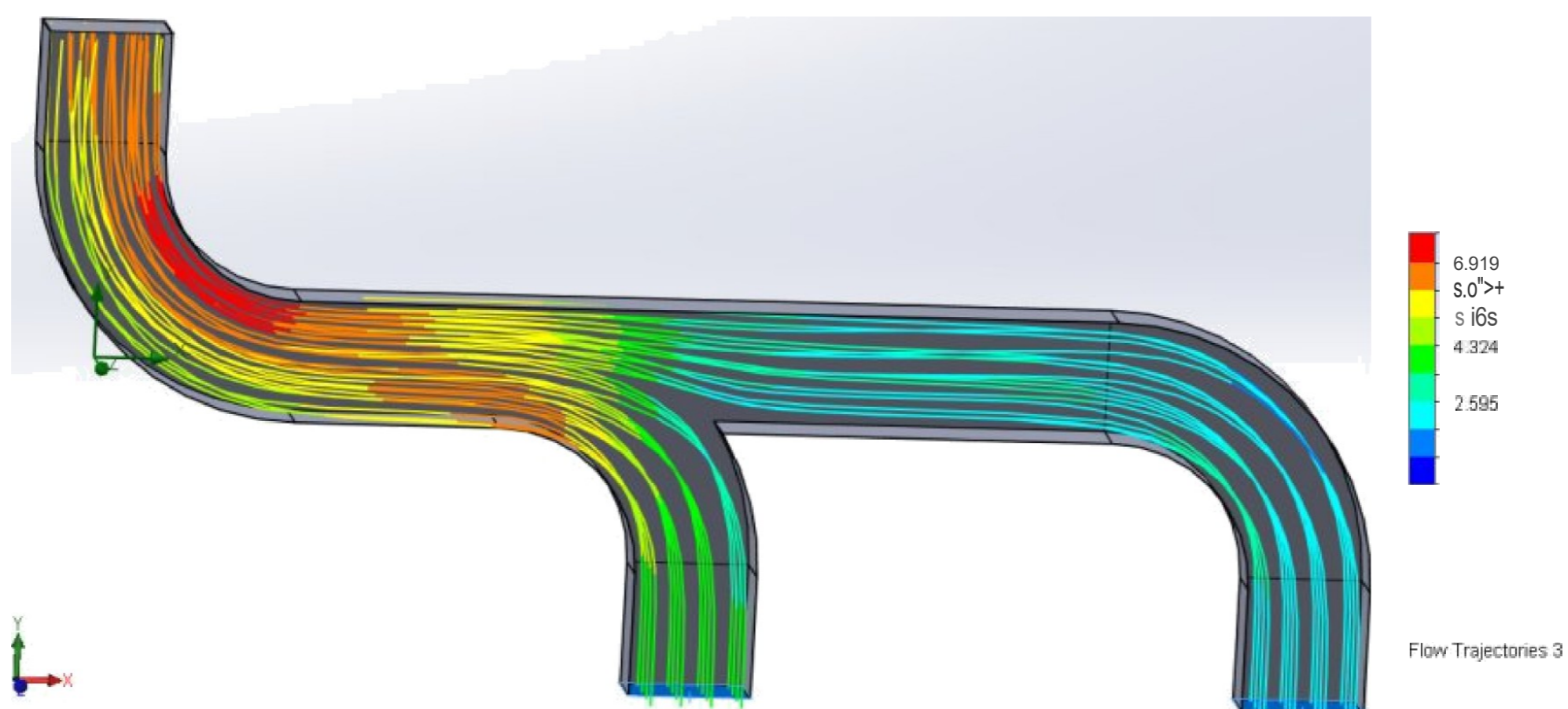
La simulación permitió evaluar el rendimiento del sistema de ventilación en diferentes escenarios de funcionamiento, considerando variables como la velocidad de los extractores, el volumen del galpón y la concentración de contaminantes en el aire. Los resultados obtenidos mostraron que el modelo es capaz de mantener niveles adecuados de calidad del aire, asegurando una renovación constante y evitando la acumulación de partículas nocivas.

Ilustración 2.
Diagrama de distribución de partículas sobre líneas de corriente.



Asimismo, la herramienta de simulación facilitó la visualización gráfica de la circulación del aire, lo que permitió comprobar que las condiciones propuestas responden a los objetivos del proyecto y ofrecen una solución viable antes de pasar a la fase de implementación física.

Ilustración 3.
Líneas de flujo coloradas por velocidad.



La validación de la propuesta a través de la simulación demostró que el sistema de ventilación planteado es funcional y adecuado para mejorar la calidad del aire en el espacio industrial analizado. Los modelos generados permitieron

comprobar la eficacia del diseño en cuanto a la extracción de contaminantes y la distribución equilibrada del flujo de aire.

Ilustración ü.

Resultados numéricos de simulación mostrando los valores de flujo, velocidad y presión.

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress %	Use In Covergence	Delta	Criteria
GO Average Total Pressure 1	[Pa]	101324.5	101324.52	101324.46	101324.18	100	Yes	0.12	6.17
GO Volume Flow Rate 2	[l*/min]	-10.6704	-10.6266	-10.7375	-10.3722	100	Yes	0.3652	473.0315
GO Average Velocity 3	[m/s]	3.918	3.516	3.911	3.918	100	Yes	0.006	0.024
GO Average Total Pressure 4	[Pa]	101334.4	101114.4	101334.45	10114.45	100	Yes	7.81e-06	1.01e-03
SG Volume Flow Rate 2	[l/min]	31571.0738	31571.172	31370.019	31731.4010	100	Yes	0.3991	26.1932
SG Average Velocity 3	[m/s]	2.999	2.999	2.999	2.959	100	Yes	2.025e-04	0.001
GO Average Total Pressure 4	[Pa]	101311.4	101311.50	101311.61	101311.10	100	Yes	0.91	26.13
SG Volume Flow Rate 5	[l/min]	-3141.7442	-3154.7737	-3154.6313	-3154.7141	100	Yes	0.1311	28.2021
SG Average Velocity 6	[m/s]	6.024	6.022	6.015	6.025	100	Yes	0.010	0.017

De igual manera, la simulación permitió identificar posibles mejoras en la ubicación de los equipos y en la velocidad de ventilación, optimizando el diseño antes de su implementación real. Esto confirma que el proyecto, aunque se encuentra en fase de simulación, cuenta con bases sólidas para una futura ejecución práctica en el plantel.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se cumplió el Objetivo Específico 1 al realizar un análisis simulado de las condiciones actuales de ventilación en los talleres de la carrera de Electromecánica, identificando zonas críticas de acumulación de calor y contaminantes.
- Se cumplió el Objetivo Específico 2 mediante el diseño de una propuesta académica de sistema de ventilación industrial, considerando la distribución espacial, fuentes de calor y puntos de extracción.
- Se cumplió el Objetivo Específico 3 al simular el compolamiento del sistema propuesto utilizando herramientas CFD, lo que permitió validar su eficiencia en la mejora de la calidad del aire.
- La simulación demostró que la implementación de un sistema de ventilación adecuado puede reducir significativamente la concentración de contaminantes y mejorar las condiciones térmicas en espacios educativos técnicos.
- El proyecto aporta valor académico al integrar conocimientos de diseño, simulación y análisis técnico, alineándose con la línea de investigación institucional sobre sostenibilidad industrial.

4.2. RECOMENDACIONES

- Considerar la implementación física del sistema propuesto en los talleres de Electromecánica, previa validación técnica y económica.
- Realizar mediciones reales de calidad del aire para complementar los resultados obtenidos en la simulación.
- Incluir módulos de simulación CFD en la malla curricular de la carrera para fortalecer las competencias técnicas de los estudiantes.

- Promover proyectos similares en otras carreras técnicas de la ULEAM para mejorar las condiciones ambientales de los espacios de formación.
- Actualizar periódicamente los sistemas de ventilación en función de los cambios en la infraestructura y procesos académicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Hernández, J. (2017). Ventilación industrial: Fundamentos y aplicaciones. Editorial Técnica.
- Cruz, D. (2020). Ventilación mecánica en instituciones educativas. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 7(2), 18—29.
- González, R. (2020). Diseño de sistemas HVAC en espacios industriales. *Ingeniería Mecánica*, 10(4), 55—70.
- Latorre, F., & Ayala, M. (2024). Simulación térmica en estaciones de metro. *Ingeniería y Sociedad*, 15(1), 22—35.
- Malínez, A. (2021). Aplicación de ANSYS Fluent en proyectos académicos. *Tecnología y Educación*, 9(3), 40—52.
- Mendoza, C. (2022). Diseño asistido por computadora en proyectos técnicos. *CAD y Tecnología*, 11(2), 30—44.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2020). Normativa de calidad del aire. MAE.
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Contaminación del aire y salud. <https://www.who.int>
- Paredes, J. (2019). CFD como herramienta de análisis en ingeniería. *Revista de Simulación Computacional*, 5(1), 25—S8.
- Ramírez, E. (2023). Impacto de la ventilación en la salud ocupacional. *Salud y Trabajo*, 14(1), 50—63.
- Sánchez, M. (2019). Simulación CFD en ingeniería industrial. *Revista de Tecnología Aplicada*, 8(2), 33—41.
- Torres, L. (2018). Evaluación de contaminantes en talleres técnicos. *Revista Técnica Educativa*, 6(1), 12—20.
- Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. (2022). Línea de investigación institucional. <https://www.uleam.edu.ec>
- Zaruma, P. (2017). Control de calidad del aire en entornos urbanos. *Revista Ambiental Andina*, 12(3), 45—58.

CIAUTO (2021). Informe técnico de ventilación en procesos de galvanoplastia.
CIAUTO.