



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DE PROCESOS**

**TEMA:**

---

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL  
DESPLIEGUE DE NEUMÁTICOS DE EMERGENCIA EN AUTOBUSES.**

---

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magister en Diseño Industrial y de Procesos.

**Autor(a)**

Ing. Lascano Martínez César Patricio

**Tutor(a)**

Ing. Saá Tapia Fernando David; Mg.

AMBATO– ECUADOR

2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Ing. Lascano Martínez César Patricio, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL DESPLIEGUE DE NEUMÁTICOS DE EMERGENCIA EN AUTOBUSES”, como requisito para optar al grado de Magister en Diseño Industrial y de Procesos y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato a los 19 días del mes de junio de 2025, firmo conforme:

Autor: Ing. Lascano Martínez César Patricio

Firma: .....

Número de Cédula: 1804193033

Dirección: Tungurahua, Ambato, Parroquia Huachi Grande, Barrio Centro.

Correo Electrónico: [patolascano@gmail.com](mailto:patolascano@gmail.com) / [clascano3@indoamerica.edu.ec](mailto:clascano3@indoamerica.edu.ec)

Teléfono: 0992645714

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR**

En mi calidad de Director del Trabajo de Titulación “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL DESPLIEGUE DE NEUMÁTICOS DE EMERGENCIA EN AUTOBUSES” presentado por el Ing. Lascano Martínez César Patricio, para optar por el Título de Magister en Diseño Industrial y de Procesos,

### **CERTIFICO**

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Examinadores que se designe.

Ambato, 19 de junio del 2025.

.....  
Ing. Saá Tapia Fernando David; Mg.

**DIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister en Diseño Industrial y de Procesos, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 19 de junio del 2025.

.....  
Ing. Lascano Martínez César Patricio  
1804193033

## **APROBACIÓN DE EXAMINADORES**

El Trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL DESPLIEGUE DE NEUMÁTICOS DE EMERGENCIA EN AUTOBUSES, previo a la obtención del Título de Magister en Diseño Industrial y de Procesos, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Titulación.

Ambato, 19 de junio del 2025.

.....

PhD. Varela Aldás José Luis  
EXAMINADOR

.....

PhD. Chicaiza Claudio Fernando Alfonso  
EXAMINADOR

## **DEDICATORIA**

A Dios, por concederme la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia que me han guiado a través de cada desafío y me han permitido alcanzar esta meta académica.

A mis padres, pilares inquebrantables de mi existencia, Su ejemplo de amor incondicional, dedicación incansable y espíritu de superación ha iluminado cada paso de mi camino. Sin su apoyo constante y sus enseñanzas de vida, este sueño no habría sido posible.

A mis hermanos Alex y Santiago, quienes han sido mi fuente inagotable de alegría, inspiración y orgullo. Su confianza en mí me otorgó la valentía necesaria para perseverar en los momentos de mayor dificultad, recordándome siempre el valor de la determinación y la esperanza.

A mis familiares y amigos, quienes, con su presencia constante, palabras de aliento y apoyo incondicional transformaron cada obstáculo en una oportunidad de crecimiento. Su fe en mis capacidades fue el combustible que alimentó mi determinación.

Este logro no es solo mío; es el fruto del amor, sacrificio y confianza de cada uno de ustedes. Llevo sus enseñanzas en mi corazón y dedico este triunfo a quienes hicieron posible que hoy pueda escribir estas líneas con gratitud infinita.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi profundo agradecimiento a Dios por la fortaleza y sabiduría otorgadas durante este proceso formativo, así como a mis padres por su respaldo incondicional y los valores que guiaron mi desarrollo personal y profesional. Extiendo un especial reconocimiento al Ing. Fernando David Saá Tapia, Mg., tutor de esta investigación, por su valiosa orientación metodológica y compromiso académico. Agradezco a Carrocerías Pérez y a su equipo técnico por facilitar el acceso a información clave, lo cual enriqueció la calidad de este estudio.

Mi gratitud se dirige también a la Universidad Indoamérica por la formación recibida, y a sus docentes y personal administrativo por su apoyo. Finalmente, valoro el aliento constante de mis hermanos, familiares y amigos, cuyo respaldo fue esencial para culminar este proyecto.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DE PROCESOS**

**TEMA:** IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL DESPLIEGUE DE NEUMÁTICOS DE EMERGENCIA EN AUTOBUSES

**AUTOR:** Ing. Lascano Martínez César Patricio

**TUTOR:** Ing. Saá Tapia Fernando David; Mg.

**RESUMEN EJECUTIVO**

El artículo presenta la implementación de un sistema automatizado para el despliegue de neumáticos de emergencia en autobuses de la empresa Carrocerías Pérez, ubicada en Ambato, Ecuador. Este desarrollo contribuye a la optimización de procesos críticos en el sector automotriz. La investigación, de naturaleza aplicada y enfoque cuantitativo, utilizó metodologías estructuradas que incluyeron modelado 3D, simulación computacional y validación experimental. Los resultados muestran una reducción del 88% en los tiempos de operación (de 25 a 3 minutos en promedio), eliminando la necesidad de múltiples operarios y alcanzando una confiabilidad del 88% en condiciones reales. El análisis costo-beneficio indica un período de recuperación de la inversión de seis meses, evidenciando la rentabilidad y sostenibilidad del sistema. Esta innovación sienta un precedente para la adopción de tecnologías avanzadas en la industria carrocera latinoamericana, alineándose con las tendencias globales de eficiencia operativa.

**DESCRIPTORES:** Automatización industrial, sistemas de despliegue de neumáticos, eficiencia operativa y fabricación de autobuses.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**Master's Degree in Industrial and Process Design**

**AUTHOR:** LASCANO MARTINEZ CESAR PATRICIO

**TUTOR:** MSc. SAA TAPIA FERNANDO DAVID

**ABSTRACT**

Implementation of an Automated Emergency Tire Deployment System for Buses

This article presents the implementation of an automated system for the deployment of emergency tires in buses manufactured by Carrocerías Pérez, located in Ambato, Ecuador. The development contributes to the optimization of critical processes within the automotive sector. The research, applied in nature and based on a quantitative approach, used structured methodologies including 3D modeling, computer simulation, and experimental validation. Results show an 88% decrease in operation time (from an average of 25 minutes to just 3 minutes), avoiding the need for multiple operators and achieving 88% reliability under real-world conditions. A cost-benefit analysis shows a return on investment within six months, demonstrating the system's profitability and sustainability. This innovation sets a benchmark for the adoption of advanced technologies in the Latin American bus manufacturing industry, aligning with global trends in operational efficiency.

**KEYWORDS:** Industrial Automation, Operational Efficiency, Bus Manufacturing, Tire Deployment Systems.



## IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL DESPLIEGUE DE NEUMÁTICOS DE EMERGENCIA EN AUTOBUSES

### IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED SYSTEM SYSTEM FOR THE DEPLOYMENT OF EMERGENCY TIRES ON BUSES

César Patricio Lascano Martínez<sup>1</sup>  
Fernando Saá-Tapia<sup>2</sup>

#### Resumen

El artículo demuestra la implementación de un sistema automatizado para el despliegue de neumáticos de emergencia en autobuses de la empresa Carrocerías Pérez, ubicada en Ambato, Ecuador. El desarrollo contribuye a la optimización de procesos críticos en el sector automotriz. La investigación, de naturaleza aplicada y enfoque cuantitativo, utilizó metodologías estructuradas que incluyeron modelado 3D, simulación computacional y validación experimental. Los resultados muestran una reducción del 88% en los tiempos de operación (de 25 a 3 minutos en promedio), eliminando la necesidad de múltiples operarios y alcanzando una confiabilidad del 88% en condiciones reales. El análisis costo-beneficio indica un período de recuperación de la inversión de seis meses, evidenciado en la rentabilidad y sostenibilidad del sistema. La presente innovación sienta un fundamento para la adopción de tecnologías avanzadas en la industria carrocera latinoamericana, alineándose con las tendencias globales de eficiencia operativa.

**Palabras clave:** Automatización industrial, Sistemas de despliegue de neumáticos, Eficiencia operativa y Fabricación de autobuses.

#### Abstract

The paper presents the implementation of an automated system for the deployment of emergency tires on buses of the company Carrocerías Pérez, located in Ambato, Ecuador. This development contributes to the optimization of critical processes in the automotive sector. The research, of an applied nature and quantitative approach, used structured methodologies that included 3D modeling, computational simulation and experimental validation. The results show an 88% reduction in operation times (from 25 to 3 minutes on average), eliminating the need for multiple operators and achieving 88% reliability in real conditions. The cost-benefit analysis indicates a payback period of six months, demonstrating the profitability and sustainability of the system. This innovation sets a precedent for the adoption of advanced technologies in the Latin American auto body industry, in line with global trends in operational efficiency.

**Keywords:** Industrial Automation, Tire Deployment Systems, Operational Efficiency and Bus Manufacturing.

Recepción: 20 de Febrero de 2025/ Evaluación: 10 de Marzo de 2025/ Aprobado: 22 de Marzo de 2025

---

1 Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización. Egresado de la Maestría de Diseño Industrial y de Procesos de la Universidad Tecnológica Indoamérica. Ambato- Ecuador. Email: clascano3@indoamerica.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3923-328X>.

2 Ingeniero en Mecatrónica con Maestría en Sistemas de Control y Automatización Industrial. Docente en la Universidad Tecnológica Indoamérica. Ambato-Ecuador. Email: fernandosaa@uti.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2222-7436>

## Introducción

La automatización industrial ha evolucionado desde la mecanización básica hasta convertirse en un pilar de la Industria 4.0 (Barona López, 2022). Dentro de este orden, en la industria automotriz, su integración ha optimizado procesos críticos, al impulsar soluciones innovadoras que mejoran la funcionalidad y confiabilidad de los sistemas de transporte (Sánchez, 2014). Por añadidura, la relación entre automatización y movilidad segura es clave, puesto que las tecnologías avanzadas permiten gestionar imprevistos en carretera de manera eficiente (Lalaleo Analuisa, 2023). De esta forma, la automatización representa un avance crucial hacia el desarrollo sostenible y la adaptabilidad organizacional en mercados como Latinoamérica.

En Latinoamérica, la industria automotriz, especialmente en la manufactura de autobuses, ha avanzado significativamente en la adopción tecnológica (Sánchez, 2014), y reafirmado por Visual México (2025, citado por EIIT, 2025), la flexibilidad y eficiencia de estas tecnologías han permitido integrar mecanismos inteligentes que responden a imprevistos, al promover la sostenibilidad y la reducción de recursos. Las mencionadas innovaciones han reducido hasta un 60% los tiempos de mantenimiento, al incrementar la productividad y optimizar directamente la gestión de recursos (Padilla-Valdez, 2012). Por consiguiente, el avance no solo ha transformado las operaciones de mantenimiento, sino que también ha establecido nuevos estándares de eficiencia operacional en el sector automotriz latinoamericano, que incluye a Ecuador.

En Ecuador, la industria carrocería ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por la modernización de sus procesos y la adopción de nuevas tecnologías (Bus Ecuador, 2014). Cabe recalcar que, en provincias como Tungurahua, el sector en cuestión ha mejorado su capacidad productiva y en términos de competitividad, donde se ha incorporado innovaciones que optimizan la seguridad y eficiencia de los autobuses (La Hora, 2018). En este sentido, la automatización en la manufactura ha permitido desarrollar estructuras más avanzadas y sistemas funcionales que responden a las necesidades del transporte moderno (Alcívar, 2022). De esta manera, la implementación de un sistema automatizado para el despliegue de neumáticos de emergencia representa una oportunidad para minimizar los tiempos de inactividad en el transporte ecuatoriano.

Los sistemas de despliegue de neumáticos de emergencia en vehículos pesados (autobuses) presentan deficiencias en automatización, lo que prolonga los tiempos de operación y reduce la disponibilidad en situaciones críticas (Cando Merino & Herrera Ramírez, 2024; Urdaneta & Mora, 2016). La automatización industrial podría optimizar estos procesos, al permitir la mejora de la eficiencia y la confiabilidad operativa (Ponsa & Granollers, 2009). Asimismo, la implementación de metodologías de mantenimiento autónomo y planificado se perfila como una estrategia clave para garantizar un rendimiento óptimo en entornos de alta demanda (Gutiérrez Arenales & Lázaro Sudario, 2023).

La implementación de sistemas automatizados ha optimizado procesos y ha contribuido a la mejora de la eficiencia operativa en diversos sectores, de acuerdo con Galán et al (2014); y respaldado por Jiménez (2020). En el transporte, específicamente en autobuses, la automatización de mecanismos de seguridad, como el despliegue de neumáticos de emergencia, puede reducir tiempos de respuesta ante fallos críticos y garantizar la protección de los pasajeros. En consecuencia, es relevante destacar que estudios recientes evidencian cómo tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, incrementan la eficiencia y confiabilidad de los sistemas (Marroquín, 2024). Finalmente, dichos avances no solo benefician la productividad, sino que también impactan positivamente en la satisfacción del cliente y la rentabilidad económica.

La gestión eficiente del mantenimiento en flotas de transporte es esencial para garantizar la seguridad y operatividad vehicular, particularmente en situaciones críticas como fallos en el

desplazamiento (Bauset et al., 2002). La implementación de sistemas inteligentes de mantenimiento ha demostrado optimizar procesos y reducir tiempos de inactividad (Pérez Collada, 2011). En adición, mientras que el control interno y mantenimiento preventivo mejoran significativamente la eficiencia operativa en empresas de transporte (Pinto Turpo, 2023). En resumen, la gestión del mantenimiento en autobuses urbanos evidencia la necesidad de incorporar tecnologías avanzadas para respuestas rápidas ante emergencias (Urdaneta & Mora, 2016). En este contexto, la realización de la investigación se centra en minimizar los efectos mencionados y asegurar un desempeño operativo óptimo.

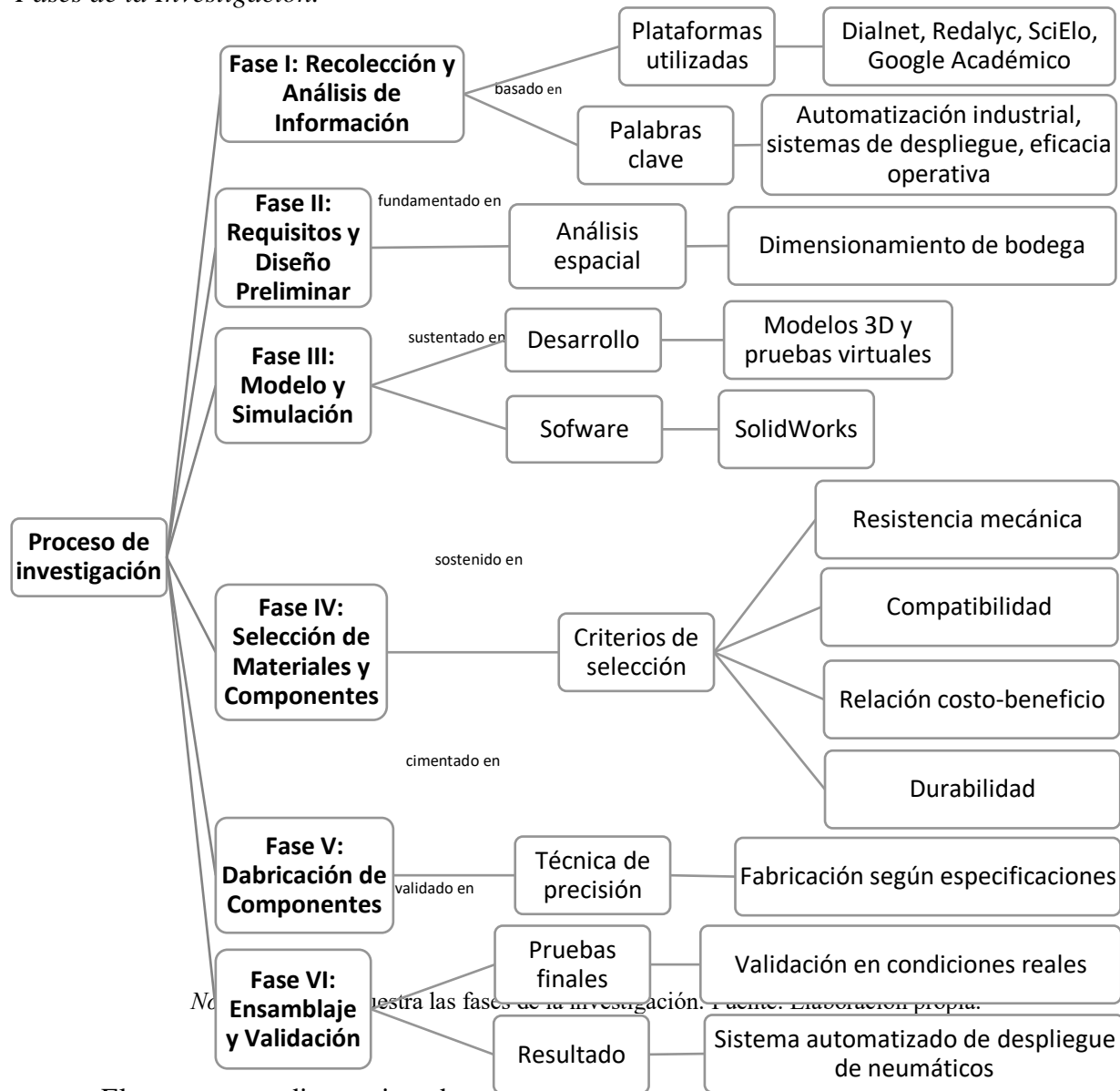
En el contexto tecnológico y operativo actual, el artículo propone la implementación de un sistema automatizado para el despliegue de neumáticos de emergencia en autobuses, diseñado específicamente para la empresa “Carrocerías Pérez”. La iniciativa se alinea con las tendencias globales de optimización del mantenimiento vehicular mediante automatización, que han demostrado la mejora en la eficiencia operativa, al reducir costos en el transporte público (Stratio Automotive, 2023). El sistema opera mediante un elemento actuador controlado por mando, y así reducir significativamente los tiempos de operación y la intervención manual (Xovis, 2023). La presente investigación, aborda la necesidad crítica de optimizar los procesos operativos en el transporte público, al superar las limitaciones de los métodos tradicionales y de esta forma contribuye a la modernización del sector.

### **Metodología**

La presente investigación presenta una metodología con un enfoque sistemático e innovador, para abordar los desafíos operativos en la industria de fabricación de autobuses, con un énfasis particular en la automatización de la sustitución de neumáticos. La propuesta se fundamenta en un análisis y revisión bibliográfica exhaustiva de las prácticas actuales y las potencialidades de la automatización en el contexto de la industria carrocería ecuatoriana. En este contexto, este estudio se enmarca en una investigación aplicada (desarrollo tecnológico), con un enfoque cuantitativo y un alcance que combina lo descriptivo con lo explicativo. Para su desarrollo, se emplean métodos empíricos como la revisión bibliográfica, el modelado 3D, la simulación computacional, la selección de materiales, la fabricación y la validación experimental, por lo tanto, garantizará una solución tecnológica robusta y eficiente.

La investigación se estructuró en una secuencia de fases metodológicas claramente definidas, diseñadas para garantizar la eficacia y funcionalidad del sistema automatizado de despliegue de neumáticos de emergencia. Por lo tanto, estas etapas, desarrolladas de manera secuencial y sistemática, permitieron abordar integralmente los desafíos técnicos y operativos asociados al proyecto, siguiendo enfoques metodológicos validados en estudios previos (Lascano-Martínez & Medina-Chicaiza, 2024; López Sarasty & Amézquita Galindo, 2024). Cada fase incluyó actividades específicas, como el análisis de requisitos, diseño conceptual, modelado 3D, simulación computacional, prototipado y validación experimental, asegurando un desarrollo robusto y replicable. En la Figura 1, se presenta una síntesis visual del proceso metodológico, que refleja la interconexión entre las etapas y su contribución al logro de los objetivos planteados.

**Figura 1**  
*Fases de la Investigación.*



El presente estudio requiere de un proceso lógico y sistemático que facilite el desarrollo de las etapas esenciales, desde la concepción de una idea hasta la materialización de un prototipo final. A continuación, se describen detalladamente cada una de estas fases, que asegura un enfoque metodológico coherente y estructurado que garantice la viabilidad y eficacia del proyecto.

#### Fase I: Recolección y análisis de información.

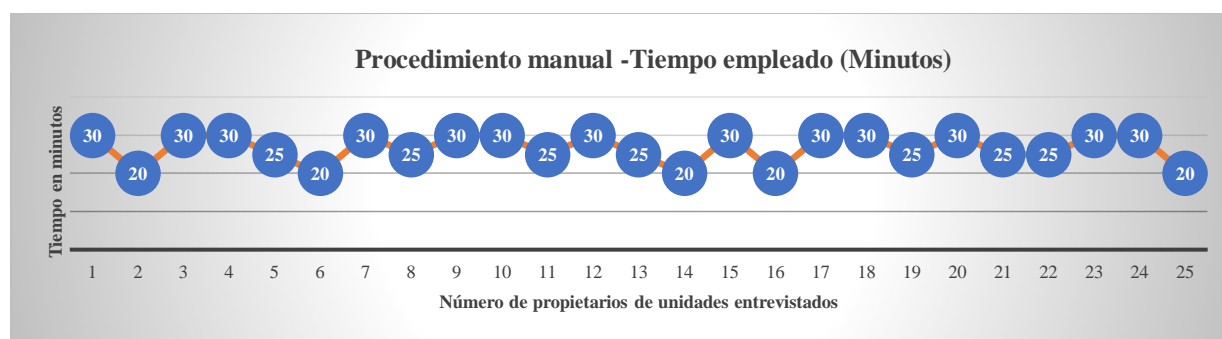
La fase inicial del estudio incluye una recopilación exhaustiva de información científica mediante búsquedas sistemáticas en plataformas especializadas como Dialnet, Redalyc, SciELO y Google Académico, centradas en sistemas automatizados aplicados a la manufactura de autobuses. Se emplean palabras claves estratégicas, tales como automatización industrial, sistemas de despliegue de neumáticos, eficiencia operativa y fabricación de autobuses, para afianzar la pertinencia de los resultados. El proceso permite identificar estudios relevantes que abordan la implementación de tecnologías automatizadas en la industria, al proporcionar una base sólida para

el análisis posterior. La metodología asegura la selección de fuentes confiables y actualizadas, fundamentales para el desarrollo de la investigación.

La investigación inicial reveló que los sistemas manuales de despliegue de neumáticos de emergencia presentan significativas limitaciones operativas. Adicionalmente, según datos obtenidos mediante una entrevista a 25 propietarios de unidades de transporte, se determinó que el tiempo promedio de reemplazo manual de neumáticos en autobuses oscila entre 20 y 30 minutos, requiriendo la intervención de al menos dos operarios. Por lo tanto, esta ineficiencia operativa no solo incrementa los tiempos de inactividad, sino que también eleva los costos asociados al mantenimiento y la mano de obra. Para finalizar, como se observa en la Figura 2, los resultados de la encuesta evidencian la variabilidad en los tiempos de reemplazo, al evidenciar la necesidad de implementar soluciones automatizadas que mejoren este proceso.

## Figura 2

*Tiempo promedio de reemplazo manual de neumáticos en autobuses.*



*Nota.* Los datos presentados en la figura se obtuvieron mediante entrevistas a 25 propietarios de unidades de transporte. Fuente: Elaboración propia.

### Fase II: Requisitos y diseño preliminar

En segunda instancia en esta fase, se lleva a cabo un dimensionamiento detallado del espacio físico en la bodega de las unidades fabricadas por la empresa “Carrocerías Pérez”, con el objetivo de identificar las características espaciales y estructurales necesarias para la implementación del sistema automatizado. Cabe recalcar que, el análisis incluye la evaluación de dimensiones, distribución y condiciones estructurales del área, al certificar que cumple con los requisitos técnicos para la instalación y operación eficiente del sistema. En resumen, el proceso permite establecer parámetros claros para el diseño y adaptación del espacio, al asegurar su viabilidad y funcionalidad en el contexto de la automatización industrial.

En el análisis de requerimientos, se consideraron aspectos clave para el diseño del sistema automatizado para el despliegue del neumático de emergencia, al incluir una capacidad de carga de 130 kg, que abarca el peso del neumático y el mecanismo asociado. Así mismo, se definió un tiempo máximo de despliegue entre 3 y 5 minutos para optimizar la eficiencia operativa. El sistema fue diseñado para ser operado por un solo operario, al utilizar un actuador o sistema específico que permita realizar esta acción. Seguidamente, se establecieron dimensiones máximas permisibles (largo, ancho y profundidad) para asegurar la compatibilidad con el espacio disponible. Posteriormente, se priorizó una activación intuitiva del sistema, al asegurar un control eficaz y sencillo para el mismo.

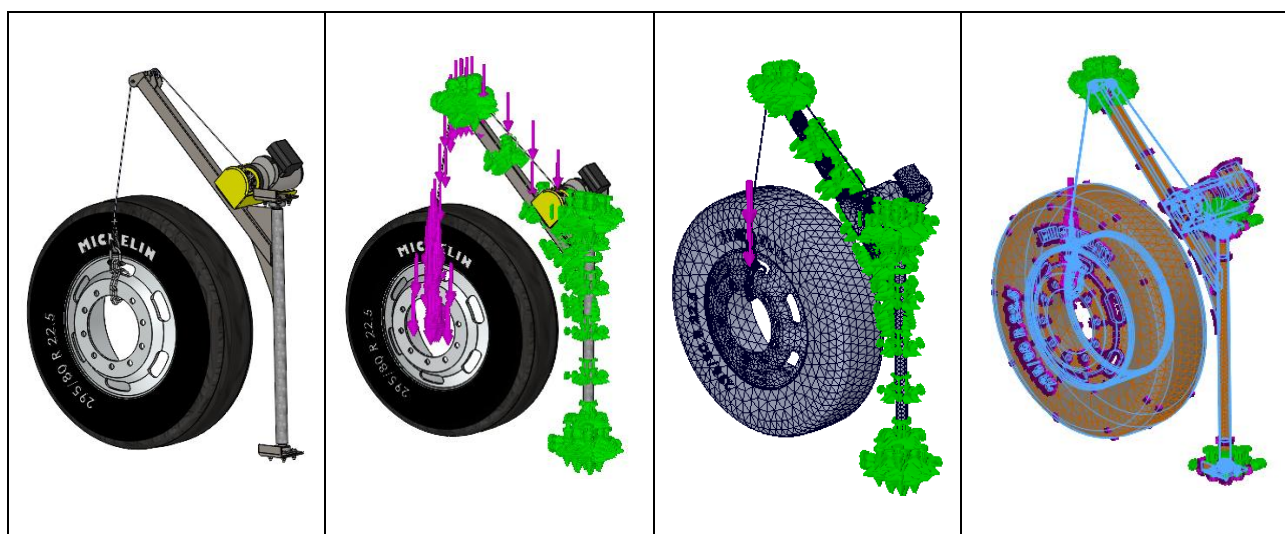
### Fase III: Modelado y simulación

Posteriormente, se emplea el software SolidWorks para desarrollar modelos computacionales tridimensionales que simulan el comportamiento del sistema automatizado (Dassault Systèmes SolidWorks Corporations, 2015). La presente fase permite la realización de pruebas virtuales exhaustivas, al facilitar la identificación de posibles fallos y la optimización del diseño antes de su fabricación física. Además, el uso de esta herramienta otorga precisión en la representación de los componentes y su interacción, que permite reducir costos y tiempos asociados a modificaciones posteriores. Así de esta manera, se asegura un diseño funcional y eficiente, alineado con los requerimientos técnicos y operativos del proyecto.

En la fase de desarrollo del sistema mecánico, se incorporó un sistema de elevación eléctrico compuesto por un actuador con capacidad de 150 kg, un mecanismo de elevación mediante un tecla y una estructura de soporte en acero ASTM A36. La selección de materiales y el diseño se optimizaron mediante análisis de elementos finitos, al asegurar un factor de seguridad mínimo de 2.5 en componentes críticos (Zhang et al., 2020). El enfoque permitió validar la resistencia y durabilidad del sistema bajo condiciones simuladas, que garantiza su funcionalidad. La integración en SolidWorks facilitó la evaluación del comportamiento dinámico, al reducir riesgos y que optimizan el diseño antes de la fabricación física (Dassault Systèmes SolidWorks Corporations, 2015).

### Figura 3

*Modelado y simulación en Solid Works.*



*Nota.* Representación visual secuencial del proceso de modelado y simulación paramétrica con la utilización del software de diseño asistido por computadora SolidWorks. Fuente: Elaboración propia.

### Fase V: Fabricación de Componentes

A continuación, en la fase V, se procede a la fabricación de los componentes diseñados, donde implementa técnicas de precisión como corte láser, soldadura MIG y mecanizado en torno, que garantizan la funcionalidad y compatibilidad de cada elemento. Para asegurar la calidad, se utilizan materiales certificados bajo normativas internacionales, como la ASTM A 500 y ASTM A-36 (American Society for Testing and Materials [ASTM], 2023). El proceso de ensamble mecánico se fundamenta en la metodología descrita por Carrillo et al., (2023), quienes proponen

un enfoque sistemático para la alineación y fijación de componentes, donde se optimiza la eficiencia en sistemas automatizados. Las operaciones son supervisadas rigurosamente para cumplir con los estándares de precisión y durabilidad requeridos.

Adicionalmente, se implementan sistemas de control de calidad rigurosos para asegurar la confiabilidad de los componentes fabricados. Los mencionados sistemas incluyen inspecciones no destructivas y procedimientos estandarizados que permiten identificar y corregir defectos de manera eficiente, al garantizar la precisión y durabilidad del producto final. Como señalan Papavasileiou, Michalos y Makris (2024), el enfoque en la calidad durante la fabricación es fundamental para cumplir con los estándares internacionales y optimizar la eficiencia operativa. El proceso asegura que los componentes cumplan con los requisitos necesarios para su integración en sistemas automatizados críticos, como el despliegue de neumáticos de emergencia en autobuses.

#### Fase VI: Ensamblaje y Validación

Finalmente, se realizó el ensamblaje integral del sistema, el mismo que fue sometido a pruebas en condiciones operativas reales para validar su rendimiento y eficiencia. El estudio propone la implementación de un sistema automatizado para el despliegue de neumáticos de emergencia en autobuses, con el fin de optimizar la eficiencia operativa, reducir los tiempos de respuesta y minimizar la manipulación manual. Como indica Colcha Vizúete y Urgilés García (2009), los sistemas diseñados para la manipulación de ruedas de emergencia en buses mejoran la eficiencia en el mantenimiento. Rincón Vargas (2020) resalta que la automatización en vehículos pesados incrementa la precisión y reduce la dependencia de intervención manual. Por tanto, la investigación establece bases metodológicas para el desarrollo de sistemas automatizados aplicables al transporte público.

Las pruebas iniciales del sistema automatizado evidenciaron mejoras significativas frente al método manual, donde se destaca una reducción del 88% en el tiempo de operación, que alcanza un promedio de 3 minutos por ciclo. De igual manera, el sistema puede ser operado por una sola persona, al eliminar la necesidad de un equipo mínimo de dos operarios. Durante tres semanas, se realizaron 50 ciclos de operación, donde se registra un tiempo promedio consistente de 3 minutos y una precisión optimizada en el posicionamiento. La confiabilidad del sistema se situó en un 88%, que comprueba su eficacia y eficiencia en condiciones reales, lo que posibilita su aplicabilidad en el transporte público. La Figura 4 proporciona evidencia visual de la implementación y verificación del sistema automatizado, y se ratifica los resultados obtenidos mediante documentación gráfica.

En última instancia, el análisis costo-beneficio determinó un período de recuperación de la inversión de seis meses, donde se requirió una inversión inicial de USD 350,00 en materiales y equipos, que omiten la mano de obra y el diseño. La implementación del sistema generó ahorros significativos al reducir costos de mano de obra, disminuir tiempos muertos y mejorar la eficiencia operativa. Los resultados obtenidos respaldan la viabilidad económica del sistema automatizado, posicionándolo como una solución competitiva y sostenible para el despliegue de neumáticos de emergencia en autobuses.

## Figura 4

*Evaluación del funcionamiento del sistema.*



*Nota.* Evaluación experimental del prototipo de sistema automatizado para el despliegue de neumáticos de emergencia, se ilustra la configuración metodológica y el mecanismo de implementación en un entorno de prueba.

Fuente: Elaboración propia.

### Resultados y discusión

De acuerdo con las evidencias, la implementación del sistema automatizado demostró resultados significativos en términos de eficiencia operativa y reducción de tiempos de respuesta. Las pruebas realizadas evidenciaron una reducción del 88% en el tiempo de operación, al alcanzar un promedio de 3 minutos por ciclo, en comparación con los 20 a 30 minutos requeridos en el método manual. Como se observa, el avance obtenido no solo optimiza el proceso de mantenimiento, sino que también reduce la dependencia de mano de obra, puesto que el sistema puede ser manipulado por una sola persona, donde se elimina la necesidad de un equipo mínimo de dos operarios para la ejecución de la actividad en cuestión.

En términos generales, la confiabilidad del sistema se situó en un 88% y se valida su eficacia en condiciones operativas reales. Los resultados son consecuentes con los hallazgos de Colcha Vizúete y Urgilés García (2009), quienes destacan que la automatización en sistemas de manipulación de ruedas de emergencia y mejoran la eficiencia en el mantenimiento. Asimismo, la precisión en el posicionamiento del neumático y la consistencia en los tiempos de despliegue refuerzan la aplicabilidad del sistema en el transporte público, particularmente en situaciones críticas donde la rapidez y la precisión son fundamentales.

En consecuencia, de lo anterior, el análisis económico reveló que la inversión inicial de USD 350,00 (materiales y equipos) tiene un período de recuperación de seis meses, al considerar los ahorros generados por la reducción de costos de mano de obra y la disminución de tiempos muertos. Los beneficios cuantificables, unidos a las mejoras operativas observadas, posicionan esta solución tecnológica como una alternativa estratégicamente competitiva y sostenible para la industria automotriz, con potencial de replicabilidad en diferentes escalas de operación.

### Conclusiones

En esencia, el proyecto no solo representa una solución innovadora para el transporte público, sino que también establece bases para la implementación de tecnologías avanzadas en la industria automotriz, al contribuir a su modernización y sostenibilidad.

El desarrollo e implementación de un sistema automatizado para el despliegue de neumáticos de emergencia en autobuses representa una innovación significativa en el ámbito del transporte público. Con los resultados obtenidos demuestran que este sistema no solo optimiza los tiempos de operación y reduce la dependencia de mano de obra, sino que también mejora la precisión y confiabilidad en situaciones críticas. Asimismo, la reducción del tiempo de despliegue a 3 minutos y la capacidad de operación por un solo operario son avances notables que impactan positivamente en la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta del sistema ante diversas situaciones.

En función de la evidencia, el análisis económico confirma la viabilidad del sistema, con un período de recuperación de la inversión relativamente bajo (un semestre), lo que lo convierte en una solución rentable y sostenible. La implementación se alinea estratégicamente con las tendencias globales de transformación digital, que buscan la optimización continua de procesos industriales y el incremento sustancial de la eficiencia operativa. Además, el éxito documentado en este proyecto sienta un precedente significativo para futuras iniciativas de automatización en el sector, al establecer un marco de referencia para la modernización de procesos productivos similares.

### Recomendaciones

Se sugiere la adopción del sistema automatizado en flotas de autobuses, cabe resaltar que su implementación mejoraría significativamente la eficiencia operativa y reduciría los tiempos de inactividad en situaciones de emergencia (sustitución de neumático).

Es fundamental capacitar a los operarios en el uso y mantenimiento del sistema automatizado, que garantice su correcta operación y prolongación de su vida útil.

Futuras investigaciones podrían explorar la integración de tecnologías como la inteligencia artificial, el desarrollo de interfaces de control mediante comandos de voz (IOS, Android y bluetooth) que no necesariamente requieren de conectividad a redes móviles y el Internet de las Cosas (IoT) para monitorear y optimizar el rendimiento del sistema en tiempo real.

En definitiva, es importante difundir los resultados de este proyecto en foros y publicaciones especializadas, donde se pretende promover la adopción de soluciones automatizadas en la industria automotriz latinoamericana.

### Referencias bibliográficas

- Alcívar, R. A. (2022). La industria carrocerera en el Ecuador. Estructuras y acabados automotrices, 1(5). <https://es.scribd.com/document/644139659/Fabricantes-carroceros>
- American Society for Testing and Materials. (2023). Standard specifications for materials. <https://www.astm.org>
- Barona López, G. (2022). Automatización de procesos industriales mediante Industria 4.0. Alfa Publicaciones. <https://doi.org/10.33262/ap.v3i3.1.80>
- Bauset, S., González, P., Martínez, V. M., & Martínez, B. T. (2002). El mantenimiento de las flotas de transporte. Técnica Industrial, 247, 42.
- Bus Ecuador. (2014). Industria carrocerera en crecimiento. <https://busecuador.com>
- Cando Merino, M. A., & Herrera Ramírez, A. G. (2024). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el parque automotor pesado del Cuerpo de Bomberos del Distrito

- Metropolitano de Quito, año 2024 [Tesis de licenciatura]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27075>
- Colcha Vizuete, P. F., & Urgilés García, H. F. (2009). Diseño y construcción de un elevador para la rueda de emergencia de buses interprovinciales [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1373>
- Dassault Systèmes SolidWorks Corporations. (2015). *Manual SOLIDWORKS*. Recuperado [2015, 01 de marzo], de <https://acortar.link/17Nqpx>
- EIIT. (2025). Automatización y sostenibilidad: optimización de procesos productivos en la automoción. <https://eiit.com>
- Galán, M. H., Duany-Alfondo, Y., & Abreu-Duque, A. (2014). Sistema Automatizado para la Gestión del Mantenimiento. *INGE@UAN-Tendencias en la Ingeniería*, 4(8). <https://revistas.uan.edu.co/index.php/ingean/article/view/371>
- Gutiérrez Arenales, E. F., & Lázaro Sudario, C. M. (2023). Propuesta de mejora de la disponibilidad de camiones de acarreo usando la metodología mantenimiento autónomo, planificado y RCM en una empresa de maquinaria pesada. <http://hdl.handle.net/10757/671336>
- Jiménez, J. A. F. (2020). La implementación de un sistema automatizado reduce los tiempos de atención en los procesos aplicables a la ventanilla única de turismo en la Municipalidad Provincial del Callao. *Industrial Data*, 23(2), 31-37. <https://doi.org/10.15381/idata.v23i2.15566>
- La Hora. (2018). Sector carrocerero de Tungurahua mejoró en los últimos cinco meses. <https://lahora.com.ec>
- Lalaleo Analuisa, F. R. (2023). Relación de las tecnologías de la industria 4.0 en el desarrollo empresarial. Una revisión de literatura. *Vivat Academia*, 156, 271–287. <https://doi.org/10.15178/va.2023.156.e1473>
- Lascano-Martínez, E., & Medina-Chicaiza, P. (2024). Sistema de acciones para el fortalecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje en física elemental. *Conocimiento Global*, 9(1), 334-353. <https://doi.org/10.70165/cglobal.v9i1.374>
- López Sarasty, D., & Amézquita Galindo, S. (2024). Observación de contextos educativos, un espacio de reflexión en torno a la didáctica y el currículo: estudio de caso. *Conocimiento Global*, 9(S1), 10-24. <https://doi.org/10.70165/cglobal.v9iS1.494>
- Marroquín, R. D. P. (2024). Automatización de Procesos y Eficiencia Operativa mediante Inteligencia Artificial en la Administración. *Business Innova Sciences*, 5(1), 85-113. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13308399>
- Padilla Valdez, C. L. (2012). *Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural de la ciudad de Cañar* (Bachelor's thesis). <https://acortar.link/sv0HJm>
- Papavasileiou, A., Michalos, G., & Makris, S. (2024). Control de calidad en la fabricación: revisión y desafíos de las aplicaciones robóticas. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 38(1), 79-115. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2024.2314789>
- Pérez Collada, M. J. (2011). Sistema inteligente de mantenimiento para sistemas de generación eólica mediante redes de Petri coloreadas autocrecientes. <https://acortar.link/kloEPI>
- Pinto Turpo, Y. M. (2023). Control interno y el mantenimiento preventivo operacional de la Empresa de Transportes Público Interprovincial Sur Andino SRCL, Puno 2022. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110414>
- Ponsa, P., & Granollers, A. (2009). Diseño y automatización industrial. Universidad Politécnica de Cataluña. <https://acortar.link/15XYev>

- Rincón Vargas, J. (2020). Automatización de sistema modular de elevación inalámbrico para vehículos pesados. Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/51602>
- Sánchez, C. (2014). Automatización en la industria automotriz: conceptos y procesos. Desarrollo Tecnológico e Innovación Empresarial, 3(2), 11-20. <https://acortar.link/3wM6BQ>
- Stratio Automotive. (2023). 6 ventajas de implantar un software de mantenimiento de autobuses. <https://acortar.link/TTU4GG>
- Urdaneta, J., & Mora, E. (2016). Gestión del mantenimiento de autobuses del transporte público urbano en el municipio Maracaibo. CICAG: Revista del Centro de Investigación de Ciencias Administrativas y Gerenciales, 14(1), 3-28. <https://acortar.link/TngWny>
- Visual México. (2025). Automatización automotriz: eficiencia y flexibilidad. <https://visualmexico.com.mx>
- Xovis. (2023). Optimizar el mantenimiento de las infraestructuras de transporte público. <https://acortar.link/Ai73BR>
- Zhang, Y., Liu, H., & Wang, J. (2020). Finite element analysis and optimization of mechanical structures under dynamic loads. Journal of Mechanical Engineering, 56(3), 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2022.06.014>