

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y
Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, 2025, Volumen VI

Mejora de proceso de reciclaje de neumáticos en la industria

Process improvement for tire recycling in the industrial sector

Vanessa Giovanna Mancillas Cervantes

<https://orcid.org/0009-0002-7984-0741>

vanessa.mancillas5382@alumnos.udg.mx

Centro Universitario de los Lagos,

Universidad de Guadalajara

Lagos de Moreno, Jalisco - México

Manuel Alejandro Tejeda Martín

manuel.tejeda5904@academicos.udg.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2512-1899>

Centro Universitario de los Lagos,

Universidad de Guadalajara

Lagos de Moreno, Jalisco - México

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4066>

Artículo recibido: 30 de mayo de 2025

Aceptado para publicación: 23 de junio de 2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.


Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos

NÚMERO

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4066>

Mejora de proceso de reciclaje de neumáticos en la industria

Process improvement for tire recycling in the industrial sector

Vanessa Giovanna Mancillas Cervantes

vanessa.mancillas5382@alumnos.udg.mx

<https://orcid.org/0009-0002-7984-0741>

Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara

Lagos de Moreno, Jalisco – México

Manuel Alejandro Tejeda Martín¹

manuel.tejeda5904@academicos.udg.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2512-1899>

Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara

Lagos de Moreno, Jalisco – México

Artículo recibido: 30 de mayo de 2025. Aceptado para publicación: 23 de junio de 2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

Este proyecto incorpora la ingeniería mecatrónica en la mejora del proceso industrial de reciclaje de neumáticos, proponiendo una solución automatizada que optimice la eficiencia operativa y reduzca la intervención manual. A partir de una revisión del proceso tradicional, se identificaron áreas de oportunidad para integrar tecnologías de simulación, control y diseño asistido por computadora. Para ello, se emplearon herramientas como Factory I/O, AutoCAD y LabVIEW, lo que permitió desarrollar un sistema mecatrónico híbrido, capaz de pasar de una simulación digital a una implementación física funcional. El diseño contempla la interacción entre componentes mecánicos y electrónicos para automatizar tareas específicas del reciclaje, considerando criterios como simplicidad, costo, eficiencia energética y seguridad operativa. La propuesta se orienta a generar un prototipo replicable y de fácil mantenimiento, que pueda integrarse en entornos industriales con requerimientos tecnológicos básicos. Se detallan las ventajas esperadas en términos de productividad, reducción de errores humanos y mejora en la trazabilidad del proceso. Asimismo, se analizan los componentes utilizados y su viabilidad técnica, destacando el valor del enfoque interdisciplinario de la mecatrónica. El proyecto demuestra que es posible alcanzar soluciones efectivas mediante sistemas simples, pero bien diseñados, reafirmando el potencial innovador de la ingeniería aplicada al sector ambiental e industrial.

Palabras clave: reciclaje de neumáticos, mecatrónica, simulación digital, automatización industrial, diseño de procesos


Abstract

This project incorporates mechatronic engineering into the improvement of the industrial tire recycling process by proposing an automated solution aimed at optimizing operational efficiency and reducing manual intervention. Based on an analysis of the conventional process, areas for improvement were identified to integrate simulation, control, and computer-aided design technologies. Tools such as Factory I/O, AutoCAD, and LabVIEW were used to develop a hybrid mechatronic system capable of

¹ Autor de correspondencia.

transitioning from digital simulation to functional physical implementation. The design involves the interaction of mechanical and electronic components to automate specific recycling tasks, considering criteria such as simplicity, cost-efficiency, energy savings, and operational safety. The proposed solution is oriented toward the development of a replicable, low-maintenance prototype that can be implemented in industrial environments with basic technological infrastructure. Expected benefits are discussed in terms of productivity, error reduction, and improved process traceability. Additionally, the components used and their technical feasibility are analyzed, highlighting the value of the interdisciplinary nature of mechatronics. The project demonstrates that effective solutions can be achieved through simple yet well-designed systems, reaffirming the innovative potential of applied engineering in both environmental and industrial contexts.

Keywords: tire recycling, mechatronics, automation, digital simulation, applied engineering

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Mancillas Cervantes, V. G., & Tejeda Martín, M. A. (2025). Mejora de proceso de reciclaje de neumáticos en la industria. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (3), 1644 – 1654. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4066>

INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado del parque vehicular ha provocado un incremento significativo en la generación de residuos derivados de neumáticos fuera de uso (NFU), los cuales representan un serio problema ambiental y logístico. Aunque existen soluciones de reciclaje, la mayoría de los procesos aún requieren una alta participación manual, lo que expone a los operadores a esfuerzos físicos, posturas inadecuadas y condiciones de trabajo ineficientes. En este contexto, la ingeniería mecatrónica ofrece una alternativa tecnológica para transformar los procesos de reciclaje mediante la automatización funcional y asequible. La aplicación de sistemas simples, pero efectivos, puede contribuir a mejorar la eficiencia operativa, reducir riesgos laborales y aumentar la trazabilidad en la industria del reciclaje de caucho.

La literatura especializada destaca la necesidad de innovar en procesos de reciclaje mediante tecnologías emergentes. Zhang et al. (2020) señalan que la automatización industrial en el sector del reciclaje sigue siendo incipiente y presenta oportunidades significativas para optimizar el uso de energía y recursos. García y Mendoza (2019) enfatizan la aplicación de soluciones mecatrónicas para reducir la intervención humana en tareas repetitivas y peligrosas. Asimismo, Beston Eco Group (2023) identifica que los sistemas de reciclaje actuales pueden beneficiarse de soluciones híbridas que integren sensores, controladores y simulación digital para facilitar el mantenimiento y escalar la producción.

La industria del reciclaje enfrenta desafíos estructurales relacionados con la eficiencia operativa, la seguridad de los trabajadores y la trazabilidad de los procesos. En el caso específico del reciclaje de neumáticos fuera de uso (NFU), muchos procedimientos continúan realizándose de manera manual, lo cual incrementa los riesgos ergonómicos, reduce la precisión operativa y limita la escalabilidad del proceso. Aunque existen tecnologías avanzadas en automatización, su aplicación en plantas medianas o pequeñas sigue siendo restringida por costos, complejidad técnica o falta de personal capacitado. Por ello, surge la necesidad de explorar si es posible diseñar un sistema mecatrónico automatizado, simple, funcional y replicable, que permita modernizar y optimizar el reciclaje de neumáticos en entornos industriales con infraestructura tecnológica básica. ¿Es posible mejorar el proceso de reciclaje de neumáticos mediante un sistema mecatrónico automatizado que sea simple, funcional y replicable en entornos industriales convencionales?

Objetivo general. Desarrollar una propuesta mecatrónica automatizada para mejorar el proceso de reciclaje de neumáticos, reduciendo la intervención manual y optimizando la eficiencia del sistema productivo.

Objetivos específicos

- Analizar el proceso actual de reciclaje de neumáticos en entornos industriales.
- Diseñar una simulación funcional del proceso con apoyo de herramientas digitales (Factory I/O, AutoCAD, LabVIEW).
- Prototipar un sistema mecatrónico que integre componentes mecánicos y electrónicos para la automatización de tareas específicas.
- Evaluar la viabilidad técnica del sistema propuesto en términos de eficiencia, seguridad y replicabilidad.

METODOLOGÍA

Enfoque de investigación

El presente estudio se enmarca dentro de una investigación aplicada con enfoque tecnológico, cuyo objetivo es el diseño, simulación y validación de un sistema mecatrónico para automatizar el proceso

de reciclaje de neumáticos. La metodología combina el análisis funcional de procesos industriales con el desarrollo de prototipos mediante herramientas digitales.

Diseño del estudio

Se adoptó un diseño de tipo experimental no probabilístico, centrado en la simulación por computadora de una línea automatizada. La propuesta se basa en un ciclo continuo que traslada el neumático desde el punto de ingreso hasta su procesamiento final, simulando etapas reales como el traslado, destalonado y trituración.

Herramientas utilizadas

Factory I/O: para simular la logística industrial y el flujo de material.

AutoCAD: para el diseño esquemático de la infraestructura y componentes mecánicos.

LabVIEW: para programar la lógica de control del sistema, incluyendo temporizadores, sensores simulados y condiciones de avance entre estaciones.

Procedimiento

Observación y análisis del proceso manual en plantas de reciclaje.

Identificación de las fases susceptibles de automatización.

Modelado de la línea automatizada en AutoCAD.

Programación y simulación de movimientos en Factory I/O.

Desarrollo del control secuencial en LabVIEW.

Verificación funcional de la lógica del proceso a través de pruebas de simulación.

Consideraciones éticas al tratarse de una investigación de simulación sin intervención humana directa, no se identificaron riesgos éticos. No obstante, se consideró el principio de seguridad operativa como criterio esencial para el diseño del sistema, priorizando la ergonomía y la facilidad de uso para futuros operadores del prototipo físico.

DESARROLLO

Desde la perspectiva de la ingeniería, la automatización de procesos industriales encuentra sustento teórico en los principios de la ingeniería de sistemas y control, así como en el diseño mecatrónico orientado a la eficiencia. Según Fernández (2018), los sistemas automatizados que integran sensores, actuadores y controladores permiten replicar tareas con precisión, reduciendo la variabilidad operativa.

Teorías y Modelos

Este estudio se apoya en varios marcos conceptuales. En primer lugar, la teoría de automatización flexible propone que los sistemas industriales deben adaptarse dinámicamente a distintas condiciones de producción, lo cual es especialmente útil en procesos como el reciclaje, donde los insumos (neumáticos) varían en forma y tamaño. Asimismo, el enfoque de diseño centrado en el usuario de Norman (2013) resalta la necesidad de que los sistemas tecnológicos sean comprensibles, usables y seguros para los operadores humanos. Finalmente, la metodología de desarrollo de prototipos virtuales en entornos simulados, como la planteada por Haug et al. (2016), justifica el uso de software de simulación como paso previo a la implementación física, reduciendo costos y riesgos.

Conceptos Clave

Automatización industrial: conjunto de tecnologías orientadas a sustituir o complementar la intervención humana en procesos productivos mediante controladores programables, sensores y actuadores.

Mecatrónica: disciplina que integra la ingeniería mecánica, electrónica, de control y computación para el diseño y desarrollo de sistemas inteligentes.

Simulación digital: técnica computacional que permite representar virtualmente el comportamiento de un sistema físico antes de su construcción real.

Diseño ergonómico: enfoque que adapta el diseño de equipos y sistemas a las capacidades y limitaciones del ser humano, para mejorar la interacción hombre-máquina.

Estas bases conceptuales y teóricas proporcionan el sustento necesario para argumentar la viabilidad, pertinencia y escalabilidad del sistema propuesto en este artículo.

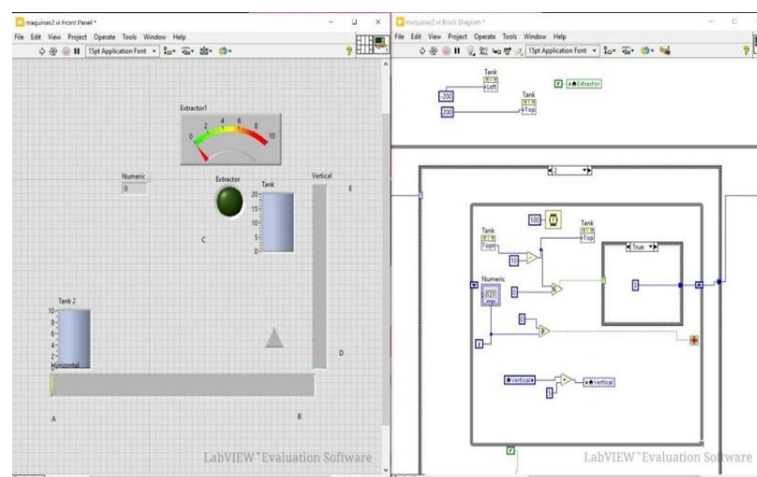
RESULTADOS

La simulación del sistema mecatrónico permitió validar la factibilidad técnica de automatizar el proceso de reciclaje de neumáticos en una línea continua. A través de la programación en LabVIEW y el modelado en AutoCAD y Factory I/O, se replicaron las principales etapas del ciclo industrial: transporte, destalonado y elevación hacia la trituradora.

Fase 1 – Transporte inicial (Eje X): Se implementó una banda transportadora programada con condiciones de avance que dependen del estado de ocupación de la siguiente estación. En la Figura 1 (proveniente del código en LabVIEW) se aprecia la lógica del ciclo “while” utilizada para simular el avance del neumático en el plano cartesiano.

Figura 1

Código LabView



Fuente: elaboración propia.

Figura 2

Representación del movimiento en plano "X"

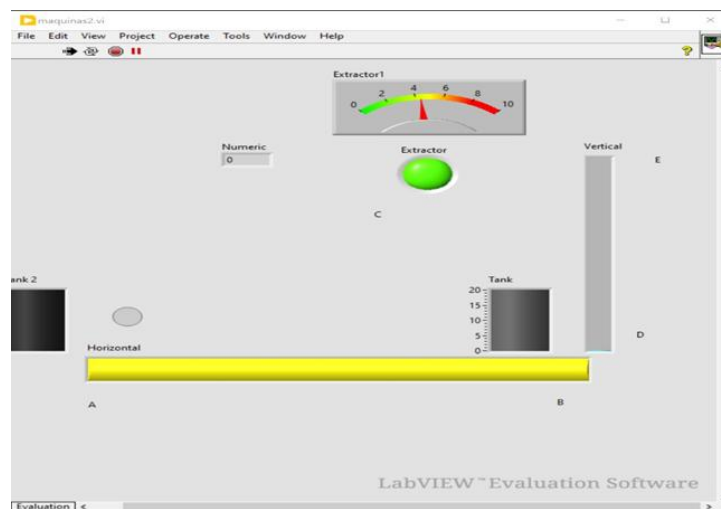


Fuente: elaboración propia.

Fase 2 – Destalonado (Punto C): Una vez que el objeto alcanza el punto B, la simulación activa el ciclo de destalonado en la estación C. Se programó una espera con sensor y LED indicador, que refleja la actividad de extracción del alambre interno del neumático (Figura 3). El proceso incluye un contador de tiempo que regula la salida del objeto hacia la siguiente estación.

Figura 3

Demostración de espera para el paso "C" antes de avanzar

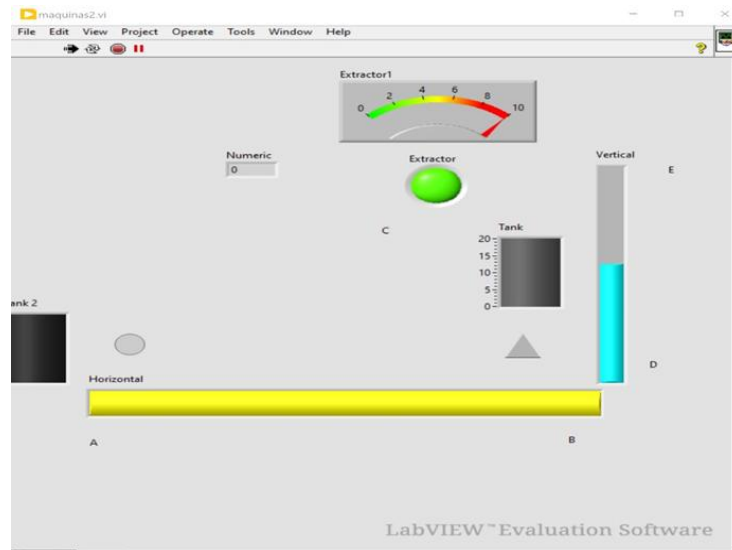


Fuente: elaboración propia.

Fase 3 – Elevación y caída hacia trituración (Eje Y): El neumático es transferido mediante un elevador desde el punto D hasta el punto E, simulando el ascenso vertical con una base inclinada para facilitar su caída por gravedad (Figura 4). La lógica secuencial se programó con ciclos que verifican la disponibilidad del siguiente paso antes de proceder.

Figura 4

Representación del movimiento en el eje "Y"

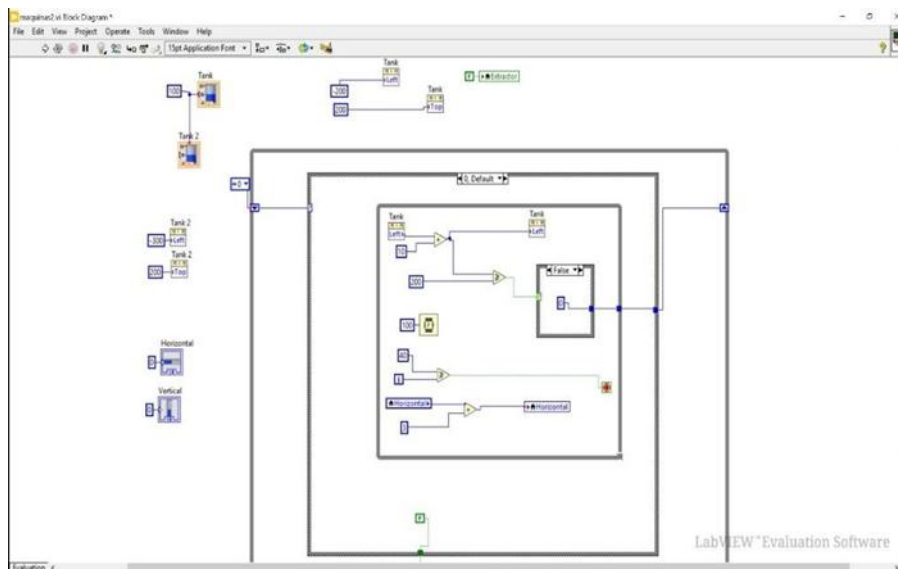


Fuente: elaboración propia

Sincronización de objetos en el proceso Se verificó el funcionamiento del sistema con múltiples objetos, implementando una lógica de espera para evitar interferencias entre procesos paralelos. El segundo objeto inicia su ciclo únicamente cuando el anterior ha liberado la estación crítica (Figura 8).

Figura 5

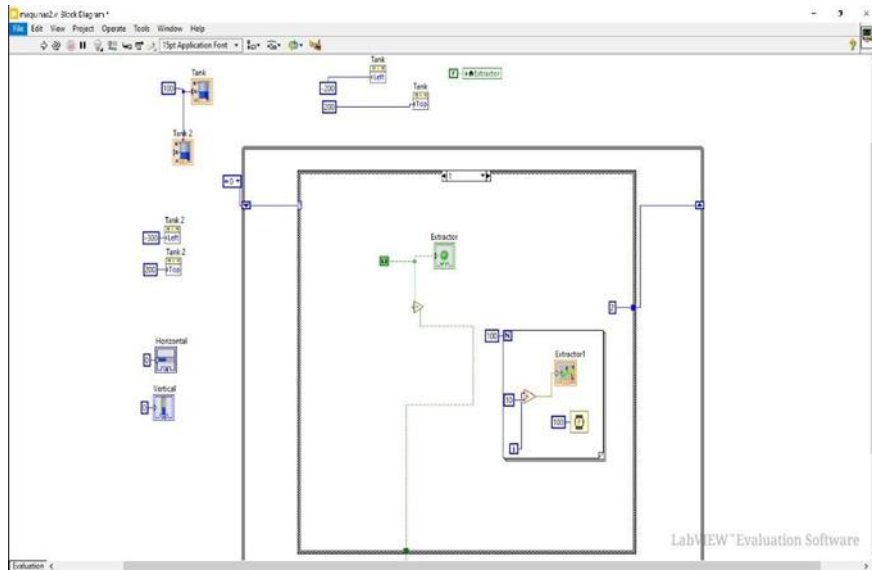
Primera etapa programada



Fuente: elaboración propia.

Figura 6

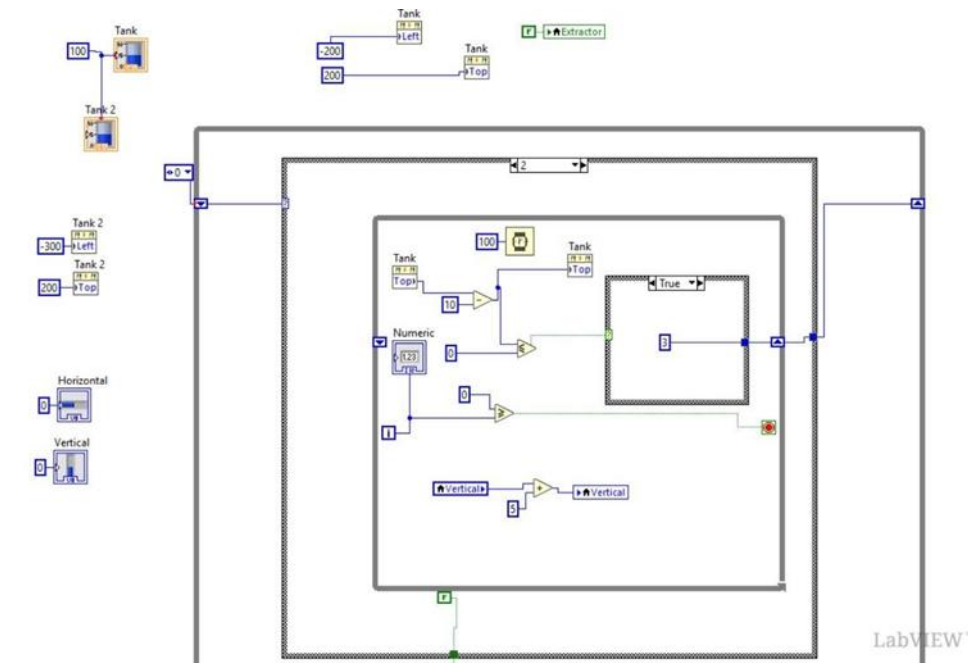
Representación del proceso destalonadora



Fuente: elaboración propia

Figura 7

Movimiento del objeto en el eje "Y"



Fuente: elaboración propia

Visualización en AutoCAD y Factory I/O Las Figuras 9 y 10 muestran la representación completa del sistema en AutoCAD y Factory I/O, incluyendo estaciones adicionales como la trituradora y el

separador magnético. Aunque estas máquinas no fueron intervenidas en el control programado, su inclusión visual refuerza la propuesta de integración.

Figura 8

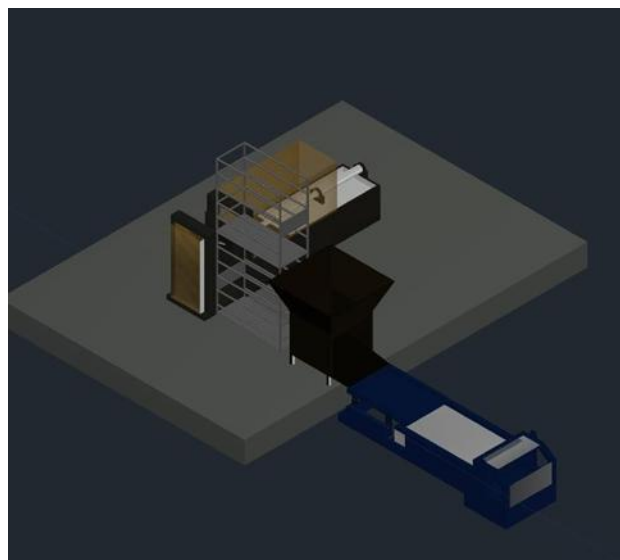
Representación del proceso con las máquinas 1



Fuente: elaboración propia

Figura 9

Representación del proceso con las máquinas 2



Fuente: elaboración propia

Los resultados confirman que la propuesta automatizada permite replicar el ciclo completo de reciclaje con un diseño simple, lógico y funcional, que puede ser trasladado a un entorno físico con ajustes mínimos.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de la simulación respaldan la hipótesis inicial de que un sistema mecatrónico automatizado puede mejorar significativamente el proceso de reciclaje de neumáticos. En comparación con los métodos manuales observados durante la fase de análisis, el sistema propuesto ofrece mayor eficiencia operativa, reducción del esfuerzo físico y una lógica de operación replicable en contextos industriales de mediana escala.

Uno de los aportes más relevantes del diseño es su simplicidad. A diferencia de soluciones complejas con altos costos de implementación, esta propuesta se centra en componentes accesibles, bajo mantenimiento y una lógica de programación comprensible, lo cual facilita su adopción en industrias con limitada infraestructura tecnológica. Este enfoque se alinea con lo planteado por Norman (2013) sobre la importancia del diseño centrado en el usuario, y por Fernández (2018) sobre la viabilidad de sistemas automatizados con bajo nivel de complejidad estructural.

El uso de herramientas de simulación como LabVIEW y Factory I/O también representa una ventaja metodológica. Según Haug et al. (2016), la validación previa en entornos virtuales mejora la precisión del diseño y reduce los errores en la implementación física. En este sentido, el desarrollo del prototipo en un entorno simulado permite ajustar tiempos, condiciones de avance y sincronización entre estaciones sin necesidad de incurrir en costos materiales.

Sin embargo, se identificaron algunas limitaciones. La simulación no considera variaciones físicas como el peso o desgaste de los neumáticos, ni la integración de sensores reales o sistemas de retroalimentación. Además, el prototipo aún no contempla la adaptación automática a neumáticos de diferentes tamaños. Estas limitaciones abren la puerta a futuras líneas de investigación centradas en la incorporación de visión artificial, inteligencia artificial o sistemas de control adaptativo.

Finalmente, los resultados obtenidos refuerzan el valor del enfoque mecatrónico aplicado al reciclaje industrial. La automatización no solo mejora el rendimiento del proceso, sino que también contribuye a condiciones laborales más seguras y eficientes, en línea con los principios de la sostenibilidad tecnológica.

CONCLUSIÓN

El presente estudio demuestra que es viable implementar un sistema mecatrónico automatizado para optimizar el proceso de reciclaje de neumáticos, reduciendo significativamente la carga física del personal y mejorando la eficiencia operativa. La propuesta de diseño, basada en una lógica de control sencilla y una arquitectura de bajo costo, ofrece una alternativa funcional y replicable para la industria del reciclaje.

A través del uso de herramientas como Factory I/O, AutoCAD y LabVIEW, se logró simular un ciclo completo de procesamiento que incluye el transporte, destalonado y elevación del neumático, validando la lógica de funcionamiento mediante pruebas virtuales. Esta metodología de simulación previa permite detectar errores, ajustar condiciones y optimizar tiempos sin comprometer recursos materiales.

Los resultados sugieren que incluso con recursos limitados, es posible aplicar principios de la ingeniería mecatrónica para mejorar procesos industriales críticos, contribuyendo a la innovación tecnológica con un enfoque sustentable. La simplicidad del sistema propuesto no solo facilita su implementación, sino que también promueve su adaptación a otras líneas de producción o tipos de residuos.

Se concluye que la automatización, cuando está bien diseñada, puede ser una herramienta poderosa para transformar procesos industriales tradicionales, y en este caso específico, apoyar de manera efectiva los esfuerzos de reciclaje de neumáticos desde una perspectiva tecnológica, económica y social.

REFERENCIAS

Beston Eco Group. (2023, febrero 22). Planta de reciclaje de neumáticos fuera de uso. <https://www.bestoneco.com/planta-de-reciclaje-de-neumaticos/>


Fernández, J. A. (2018). Automatización de procesos industriales con LabVIEW. *Revista de Tecnología e Innovación*, 12(1), 44–52.

García, L., & Mendoza, H. (2019). Diseño mecatrónico aplicado al reciclaje de materiales. *Ingeniería e Investigación*, 39(2), 134–142. <https://doi.org/10.1016/j.ii.2019.02.003>

Haug, A., Zachariassen, F., & van Liempd, D. (2016). The costs of ERP system implementation in SMEs: A multiple case study. *Journal of Enterprise Information Management*, 29(4), 529–550. <https://doi.org/10.1108/JEIM-03-2015-0023>

Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things* (Revised and expanded ed.). MIT Press.

Zhang, Y., Li, W., & Xu, H. (2020). Automation in Recycling Industry: A Review. *Journal of Cleaner Production*, 276, 123248. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123248>

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons .