

# Diseño y simulación de un sistema automático de lavado de vehículos con herramientas aplicadas en la mecánica computacional (febrero de 2026)

Ivan Andres Diaz Burbano, Ronald Alejandro Muñoz Molina.

Corporación Universitaria Autónoma De Nariño, Ingeniería Mecánica,  
San Juan de Pasto, Colombia.

[andresdiaz097@gmail.com](mailto:andresdiaz097@gmail.com)  
[mronaldalrjandro@gmail.com](mailto:mronaldalrjandro@gmail.com)

## Resumen

*La automatización industrial ha revolucionado sectores como el lavado de vehículos al permitir mayor eficiencia, uniformidad y sostenibilidad en los procesos. Este proyecto presenta el diseño, programación, simulación y documentación de un sistema automatizado de lavado de vehículos desarrollado en el entorno Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) de Siemens, utilizando el lenguaje de programación KOP (Ladder) y complementado con pantallas HMI para la supervisión visual y el control operativo. La integración de pantallas HMI facilita la interacción intuitiva del operador, mostrando en tiempo real el estado de cada módulo y permitiendo el control manual. Estudios previos, como los de [3], [7], respaldan la pertinencia de este enfoque modular y su contribución a la eficiencia energética y al ahorro de recursos. Este trabajo demuestra que la automatización con herramientas como TIA Portal y lenguajes estandarizados permite desarrollar soluciones técnicas aplicables a entornos industriales y comerciales, optimizando costos operativos y fortaleciendo competencias profesionales en ingeniería de control.*

**Palabras clave:** Lavado automático, optimización de procesos, control automático, ingeniería de procesos, programación de PLC, impacto ambiental.

## I. INTRODUCCIÓN

La automatización industrial ha transformado profundamente los procesos técnicos en sectores como la manufactura, la logística y los servicios, permitiendo una mayor eficiencia, seguridad y trazabilidad operativa. En el ámbito del lavado de vehículos, esta evolución ha sido especialmente significativa, ya que permite optimizar recursos, reducir tiempos de operación y garantizar una limpieza uniforme y controlada. Gracias a la incorporación de tecnología avanzada, los autolavados han avanzado mucho. Esto resulta en operaciones

más eficientes, una mejor respuesta a las exigencias de sostenibilidad ambiental y una experiencia superior para quienes utilizan el servicio.

Para fundamentar el diseño y validar el funcionamiento del sistema, se aplicaron técnicas de recolección de información como la observación directa de procesos reales y simulados, pruebas preliminares en el entorno de simulación, revisión documental de manuales técnicos y análisis funcional del entorno de programación. Estas técnicas permitieron identificar las etapas críticas del proceso, ajustar los tiempos de operación, validar el comportamiento de los temporizadores y contadores, y garantizar la coherencia entre la lógica Ladder y las condiciones reales de funcionamiento.

Diversos estudios recientes respaldan la pertinencia de este enfoque como Bedoya y Hernandez [3], en su prototipo a escala de un sistema de autolavado economizador de agua, destacan que, gracias a la automatización, es posible minimizar la participación de personas, además de lograr un menor gasto de recursos y una mayor eficiencia energética. Por su parte, López y Obando [7], desarrollaron un sistema automatizado de lavado de autos con microcontrolador, enfatizando la importancia de la programación modular y la integración de sensores y actuadores para garantizar un funcionamiento preciso y seguro.

En el plano industrial, se identifica como tendencia dominante la migración hacia sistemas sin contacto, túneles modulares y plataformas de control inteligente, priorizando la eficiencia del agua, la seguridad de la superficie y la trazabilidad operativa. En un entorno de mercado que demanda constantemente mayor calidad y rapidez, la automatización de los procesos de lavado industrial se establece como un factor determinante para sostener la competitividad. Esto no solo se debe a la uniformidad y la calidad constante que asegura, sino también a la optimización de costos operativos, principalmente agua y energía y la reducción de los tiempos de ciclo.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### A. Descripción del problema

La industria del lavado de vehículos, especialmente a través de métodos tradicionales, presenta un grave problema de insostenibilidad ambiental. Se estima que estos métodos consumen entre 300 y 500 litros de agua potable por vehículo, lo que puede traducirse en un consumo anual de hasta 3.6 millones de litros por establecimiento [9]. Este uso intensivo del recurso hídrico, sumado a la falta de tratamiento de las aguas residuales contaminadas, genera un impacto negativo significativo en ecosistemas y fuentes de agua [2]. Además, existe una asimetría operativa entre los lavaderos tradicionales, afectados por cuellos de botella y calidad heterogénea, y los sistemas automatizados, que ofrecen mayor eficiencia [1]. Ante la coyuntura ambiental actual y la necesidad de preservar los recursos hídricos, se hace imperativo el desarrollo de sistemas de lavado que integren la automatización y la eficiencia para minimizar la huella ecológica de esta actividad comercial.

### B. Formulación del problema

¿De qué manera se puede implementar herramientas computacionales de la mecánica para elaborar sistemas previos que mejoren la eficiencia de un sistema automático de lavado de vehículos?

### C. Justificación

La mayoría de los lavaderos de vehículos realizan el servicio de forma manual, lo que incrementa el tiempo por automóvil y limita la cantidad de clientes atendidos diariamente. Además, este método genera un alto consumo de agua y mayores costos en la facturación, así como impactos ambientales negativos debido al desperdicio del recurso y la contaminación por insumos como detergentes, ceras y aceites.

Para mejorar la eficiencia y aumentar el número de clientes, se propone automatizar el proceso de lavado, identificando y optimizando cada una de sus etapas. Los sistemas de lavado inteligente ya funcionan con éxito en países como Estados Unidos, Japón, España, Chile y Colombia, demostrando su viabilidad [1].

La automatización del proceso de lavado mediante PLC no sólo responde a una necesidad de eficiencia, sino que actúa como una medida de seguridad y salud en el trabajo. Al sustituir el esfuerzo humano repetitivo por sistemas mecánicos controlados, se eliminan los riesgos de trastornos musculoesqueléticos y enfermedades dermatológicas crónicas derivadas del contacto prolongado con agentes químicos y humedad, dignificando la labor del operario, quien pasa de ser una fuerza de fricción manual a un supervisor del sistema tecnológico [9].

## III. OBJETIVOS

### A. Objetivo general

Diseñar un sistema automático de lavado de vehículos utilizando el software TIA Portal con interfaz HMI.

### B. Objetivos específicos

1. Analizar los parámetros técnicos y tecnológicos de los sistemas de lavado de vehículos automáticos existentes para la identificación de sus componentes y funcionamiento.
2. Diseñar el sistema de lavado de vehículos basado en el análisis de los parámetros técnicos y tecnológicos.
3. Simular el sistema mediante software Tía Portal y la pantalla HMI, para su monitoreo y control.
4. Evaluar la secuencia lógica y operativa del sistema simulado, asegurando que represente correctamente el proceso automatizado de lavado.

## IV. MARCO REFERENCIAL

### A. Marco contextual

El presente proyecto se desarrolla en el entorno académico de la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño (AUNAR), sede San Juan de Pasto, como parte del curso de Investigación Pregradual de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Su propósito es fortalecer las competencias investigativas y tecnológicas de los estudiantes mediante la aplicación de conocimientos en automatización industrial, control de procesos y simulación de sistemas electromecánicos, con énfasis en el diseño y evaluación de soluciones aplicadas a contextos reales.

El proyecto se enmarca dentro de la línea de investigación de tecnologías aplicadas a la automatización y al control de sistemas electromecánicos promovida por la AUNAR, y tiende también a fomentar el uso de soluciones simuladas que tipifican prácticas sostenibles, eficientes y replicables en contextos reales. En definitiva, este estudio se despliega en un entorno académico y regional como espacio propicio para la innovación tecnológica, integrando herramientas de simulación y control que reproducen una lavadora automática de vehículos en condiciones seguras, controladas y formativas.

### B. Marco teórico

#### 1) Prelavado

La primera fase del proceso de lavado es realizar la eliminación del barro, del polvo, así como también el resto de las partículas de un tamaño grande que hay en la superficie del coche. Para ello se realizará una aplicación de agua a presión o

bien una solución diluida que logra que esta misma suciedad se ablande antes de poder proceder con el lavado principal. Este primer paso es importante puesto que se evita que los residuos duros puedan rayar la pintura ya en las fases posteriores.

### 2) Aplicación de jabón o espuma

Realizada la fase de prelavado se aplica una capa que incorpora jabón o espuma especial a toda la carrocería. Este componente permite separar la grasa y la suciedad que se adhiere a las superficies. Para los casos de lavado automático, el principio que permite efectuar la aplicación del jabón es la existencia de boquillas que cubren de manera uniforme la superficie del vehículo.

### 3) Lavado principal

En la siguiente etapa se da la fase de lavar más profundamente. Dependiendo del tipo de sistema se procederá con cepillos suaves que permiten el contacto directo con el vehículo o bien con chorros de agua a alta presión que limpian sin contacto. El resultado finaliza con la suciedad totalmente eliminada y lista para el posterior enjuague.

### 4) Enjuague

Luego de aplicar el lavado hay una etapa para aplicar agua limpia, a fin de eliminar, o bien, lo que queda del jabón y la suciedad presente. Durante esta etapa, parece evidente que el enjuague debe ser uniforme, para evitar las manchas y residuos en pintura. Hay sistemas, incluso, que reutilizan parte del agua tratada para hacer más sostenible esta etapa del proceso.

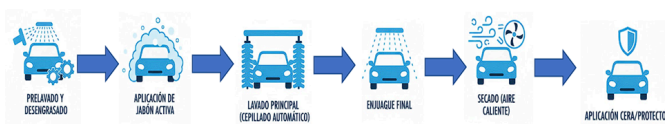
### 5) Secado

Finalmente, la eliminación del exceso de agua, la eliminación de gotas o manchas sobre la carrocería y la brillantez del vehículo se consiguen eliminando el exceso de agua con aire a presión o mediante el uso de paños húmedos.

### 6) Aplicación de cera o protector de superficies

Opcionalmente, en los lavaderos y lavados automáticos se incluye la aplicación de cera o sellador que sirve como protección del acabado original de la pintura en los componentes expuestos al polvo o a la radiación solar y además presta una brillantez al vehículo. Cera o sellador también colaboran al secado y a la eliminación de suciedad posterior.

Fig. 1 Proceso de lavado de vehículos



## V. ASPECTOS METODOLÓGICOS

### A. Tipo de Investigación

El proyecto se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo y experimental, orientado a validar y optimizar un sistema automatizado de lavado vehicular. Esta metodología permite analizar de manera técnica el comportamiento del sistema en condiciones controladas y establecer relaciones entre las variables manipuladas y los resultados obtenidos.

La investigación es experimental porque se intervienen variables como los tiempos de activación de válvulas, la secuencia de funcionamiento y los parámetros de los actuadores, utilizando el software TIA Portal para simular el proceso mediante programación de PLC y visualización HMI.

A través de estas simulaciones se recrean condiciones reales de operación, lo que permite verificar el correcto funcionamiento del sistema y evaluar mejoras en eficiencia energética, reducción del consumo de agua y energía, y disminución de los tiempos de ciclo en cada etapa del lavado.

### B. Enfoque

El proyecto adopta un enfoque cuantitativo, centrado en el desarrollo y análisis de simulaciones en un entorno virtual, sin realizar pruebas físicas ni mediciones en campo. La simulación se lleva a cabo en TIA Portal, donde se programa y visualiza el sistema automatizado mediante PLC y pantallas HMI.

El carácter cuantitativo se refleja en la evaluación de variables programadas como los tiempos de activación, la secuencia lógica de los módulos y la duración total del ciclo de lavado. Aunque no se miden variables físicas reales, se emplean parámetros numéricos que permiten comparar configuraciones y analizar la eficiencia del sistema dentro del entorno simulado.

De esta manera, la simulación proporciona un entorno controlado y replicable para validar hipótesis, optimizar la lógica de control y prever el rendimiento del sistema en una futura implementación real.

## VI. DESARROLLO DEL PROYECTO

### A. Análisis de resultados del objetivo uno

Para dar cumplimiento a este objetivo, se realizó una investigación técnica sobre los sistemas automáticos de lavado de vehículos utilizados en la industria. Se identificaron las etapas fundamentales que componen el proceso: detección del vehículo, aplicación de jabón, cepillado, enjuague, secado y finalización del ciclo. Además, se estudiaron los componentes que intervienen en cada etapa, como sensores de presencia, válvulas neumáticas, motores eléctricos, bombas de agua, sistemas de secado por aire y controladores lógicos programables (PLC).

Este análisis permitió establecer una base estructural para el diseño del sistema simulado, definiendo qué funciones debían ser representadas y cómo se relacionan entre sí dentro de un proceso automatizado. La comprensión de estos parámetros técnicos fue esencial para traducir el funcionamiento físico de un túnel de lavado en una lógica virtual programable.

*B. Análisis de resultados del objetivo dos*

Con base en el análisis anterior, se procedió al diseño lógico del sistema en el entorno TIA Portal, utilizando el lenguaje de programación KOP (Ladder). El sistema fue estructurado en doce módulos funcionales, cada uno representando una etapa específica del proceso de lavado. Se programaron condiciones de activación, temporización, transiciones entre módulos y señales de control, asegurando que el sistema respondiera de forma ordenada, segura y coherente.

Uno de los elementos clave del diseño fue el módulo de conteo de vehículos, que permite al operador ingresar desde la interfaz HMI el número de unidades a lavar. Este valor condiciona la ejecución del ciclo completo, y al finalizar el conteo, se activa una alarma de mantenimiento que indica la necesidad de revisión del sistema. Esta lógica representa un control por lotes y refuerza la trazabilidad operativa del proceso.

Fig. 2 Activación del módulo de enjabonado

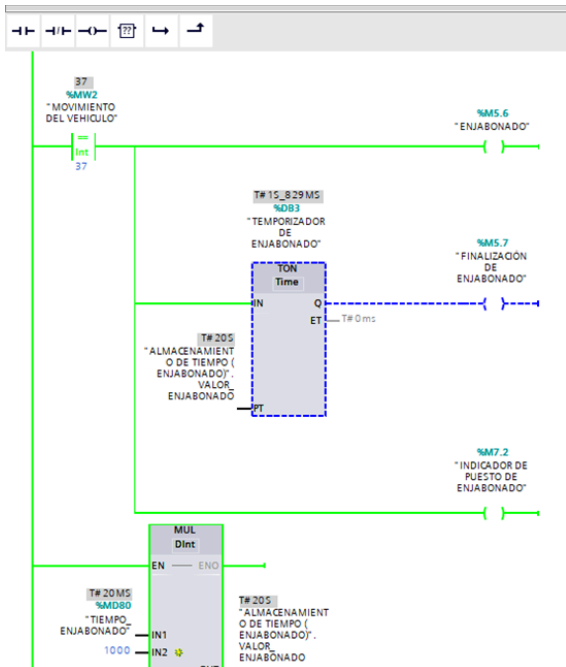
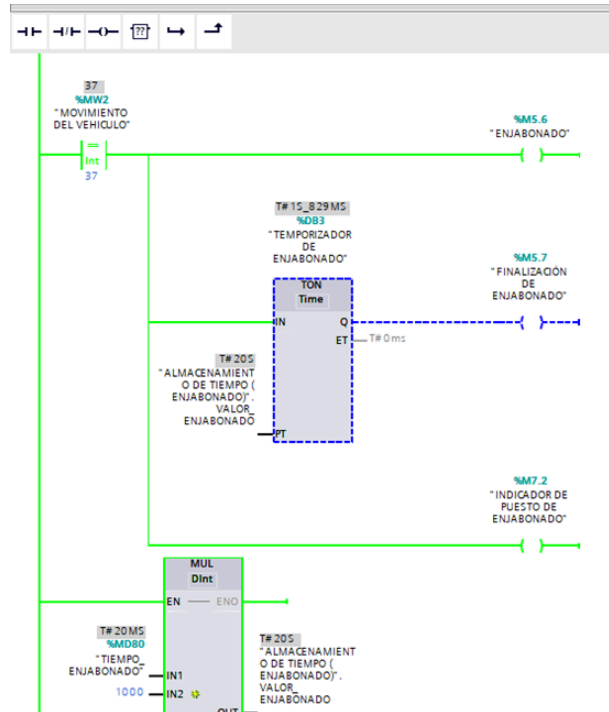


Fig. 3 Transición hacia el módulo de cepillado



*C. Análisis de resultados del objetivo tres*

La simulación se llevó a cabo en TIA Portal, permitiendo observar en tiempo real el comportamiento del sistema, la activación de cada módulo y la interacción con la interfaz HMI. El operador puede ingresar parámetros como el número de vehículos a lavar y los tiempos de operación, lo que activa la secuencia lógica del proceso. La interfaz HMI muestra el estado de cada módulo, los tiempos activos, el avance del conteo y la activación de alarmas.

Durante la simulación, se verificó que los módulos se activan de forma secuencial, respetando las condiciones de entrada y los tiempos definidos. La visualización gráfica en la HMI facilita el monitoreo del sistema, permitiendo al operador supervisar el proceso sin necesidad de acceder directamente al código. Esta interacción confirma que el sistema cumple con los requisitos de control y supervisión establecidos en el diseño.

Fig. 4 Pantalla Principal de Configuración



Fig. 7 Pantalla del puesto de secado HMI



Fig. 5 Pantalla del puesto de enjabonado HMI

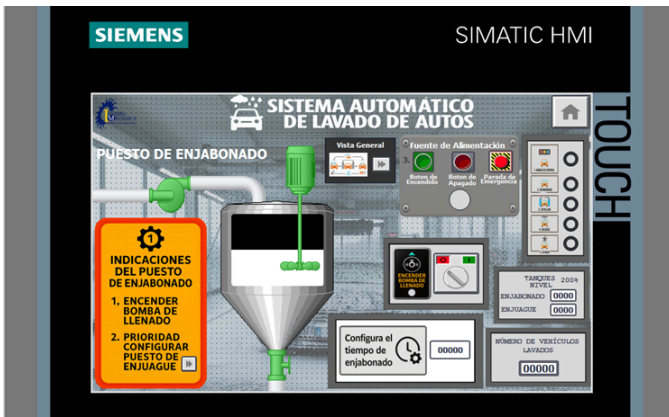


Fig. 8 Pantalla del puesto de cepillado HMI



Fig. 6 Pantalla del puesto de enjuague HMI

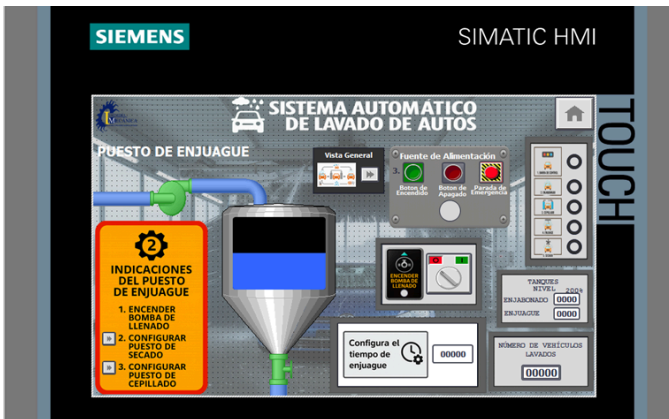
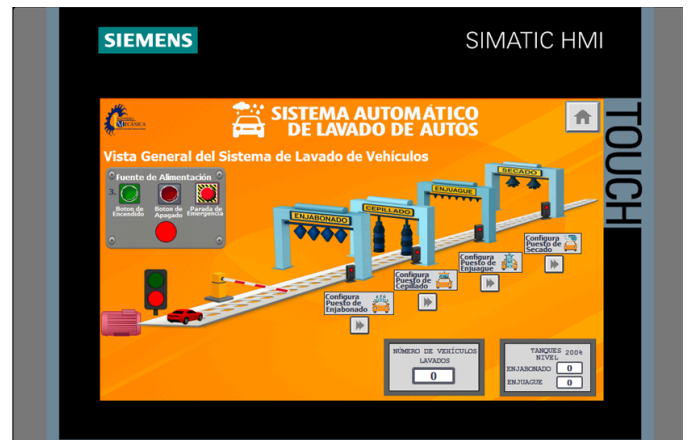


Fig. 9 Pantalla de vista general HMI



#### D. Análisis de resultados del Objetivo Cuatro

La secuencia lógica fue evaluada mediante pruebas controladas, verificando que cada módulo se activa únicamente cuando se cumplen las condiciones previas, que los tiempos de operación se respetan según lo programado, y que no existen interferencias entre funciones. La lógica Ladder responde de forma estable y predecible, simulando correctamente el flujo operativo de un túnel de lavado automatizado.

Se comprobó que el sistema responde adecuadamente ante el ingreso de vehículos, ejecuta los ciclos completos, actualiza el conteo interno y activa la alarma de mantenimiento al finalizar. Además, se validó la correcta asignación de bloques de datos, direcciones de memoria y condiciones de transición, lo que permite mantener la trazabilidad del proceso y realizar diagnósticos lógicos durante la simulación.

Fig. 10 Pantalla de Configuración en Ejecución

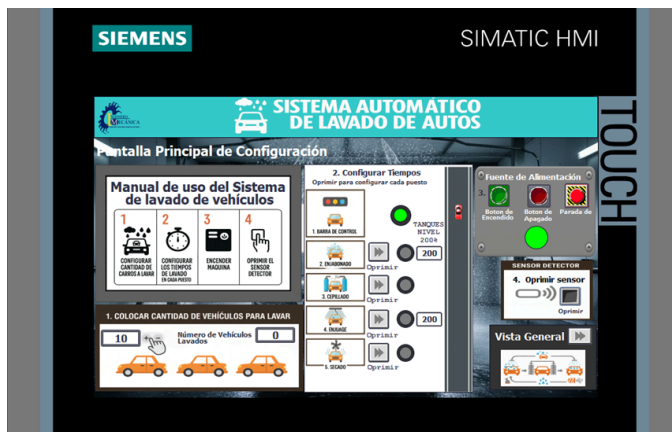
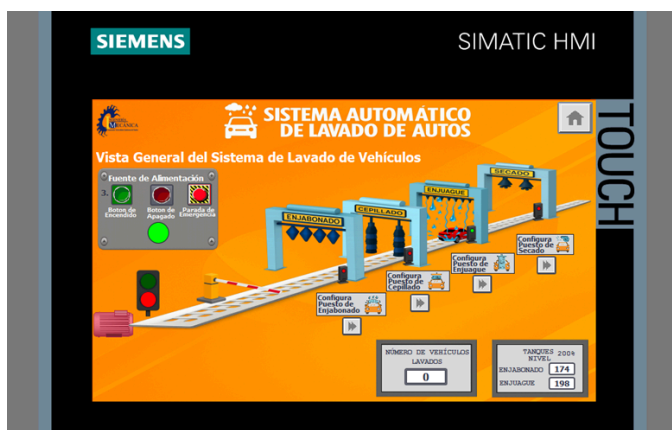


Fig. 11 Pantalla de Vista General en Ejecución



#### VII. Conclusiones

El proyecto permitió diseñar y simular un sistema automático de lavado de vehículos en TIA Portal utilizando lenguaje KOP (Ladder), modelando de forma precisa las etapas secuenciales del proceso y garantizando coherencia lógica y operativa.

La simulación permitió validar el comportamiento del sistema mediante pruebas controladas, verificando la activación secuencial de los módulos, el cumplimiento de tiempos programados y la estabilidad ante distintos escenarios operativos.

La lógica fue estructurada en doce módulos funcionales independientes, incorporando bloques de datos, temporizadores TON y contadores CTU, lo que facilita el diagnóstico, la escalabilidad y la adaptación a entornos industriales.

La integración de la interfaz HMI permitió supervisión en tiempo real, configuración de parámetros sin modificar el código y control del conteo de vehículos, aportando flexibilidad y trazabilidad al proceso.

El sistema demuestra viabilidad técnica y representa una alternativa eficiente y sostenible frente a métodos tradicionales, con potencial de implementación real y expansión futura.

#### REFERENCIAS

- [1] N. Alvarado y B. Zevallos, "Estudio de prefactibilidad para la instalación de un centro de lavado inteligente para vehículos, en la provincia de Arequipa, 2023," Tesis de pregrado, Universidad Antonio Ruiz de Montoya, Arequipa, Perú, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12833/2739>.
- [2] C. A. Barrios Lobo, "Diagnóstico del avance de los establecimientos de lavado de automotores frente al cumplimiento del marco normativo ambiental en el municipio de Mosquera, Cundinamarca," Monografía de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Mosquera, Colombia, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/67893/cabarriosl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [3] A. E. Bedoya Agamez y J. M. Hernández Fabra, "Prototipo a escala de un sistema de autolavado economizador de agua," Trabajo de graduación, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/10972>.
- [4] C. Delgado y P. Castro, "Implementación de controladores lógicos programables en procesos automatizados," \*Revista de Innovación Industrial y Tecnología\*, vol. 12, n.º 3, pp. 40–49, 2022. doi: 10.33412/riit.v12i3.1311.
- [5] C. A. Fernández Jurado, "Estudio de factibilidad para la creación de un lavadero automatizado en la ciudad de Popayán," Trabajo de grado, Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, Popayán, Colombia, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repository.unimayor.edu.co/handle/20.500.14203/872>.
- [6] Greenmatik, "La automatización de los autolavados: Cómo las soluciones innovadoras están cambiando la industria," \*Greenmatik\*, 2023. [En línea]. Disponible: <https://greenmatik.net/la-automatizacion-de-los-autolavados-como-las-soluciones-innovadoras-estan-cambiando-la-industria/>. [Accedido: 27-feb-2026].
- [7] A. R. López Cárdenas y M. A. Obando Mosquera, "Prototipo de automatización para lavado de autos," Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, 2018. [En línea]. Disponible en:

<https://repository.udistrital.edu.co/items/675ef16c-78b8-444a-aba8-6765d073622d>.

[8] A. M. Pachacama Morales, "Construcción de un sistema automático para el lavado de vehículos con reutilización de agua para la empresa Ecowash," Tesis de ingeniero electrónico, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15101/1/UPS%20-%20ST003409.pdf>.

[9] D. F. Rodríguez Benavides, M. E. Ortiz Serrano, y A. S. Rosero Lombana, "Plan de investigación y formulación del proyecto 'centro de lavado y embellecimiento automotriz Optimus wash'," Trabajo de grado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/7812>.

[10] M. F. Rodríguez Bonilla, "Estudio comparativo entre un túnel de lavado y una estación de lavado convencional de automóviles y camionetas en las estaciones de servicio Terpel en la ciudad de Bogotá," Trabajo de especialización, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/items/e67d3987-9244-4cc3-a6d9-1b22db939639>.