

Diseño y simulación de una planta de llenado, tapado y control de calidad de botellas mediante PLC en TIA PORTAL

Richard Hamilton Narvaez Caez & Marlon David Rosales Pantoja

rhnarvaez18@gmail.com & juandavidrosalesvivas549@gmail.com

INTRODUCCION

RESUMEN

El presente artículo describe el desarrollo de una simulación para una planta de llenado, tapado y control de calidad de botellas, diseñada para mitigar la variabilidad y los errores operativos críticos presentes en los procesos manuales de embotellado de las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes). El objetivo principal se centró en simular un sistema automatizado empleando un PLC Siemens S7-1200 y el entorno TIA Portal para optimizar la eficiencia productiva. La metodología se basó en una validación virtual mediante PLCSIM, integrando lógica secuencial en lenguaje Ladder asistida por un bit de reloj de 10 Hz para la progresión de la simulación. Los resultados obtenidos demuestran que el sistema garantiza una dosificación precisa y una clasificación efectiva de envases defectuosos, permitiendo una reducción proyectada de desperdicios y tiempos muertos. Se concluye que el modelado digital es una herramienta estratégica indispensable para la modernización industrial regional, facilitando la transición hacia estándares de la Industria 4.0 sin los riesgos financieros de una implementación física inmediata.

Abstract

This article describes the development of a simulation for a bottle filling, capping, and quality control plant, designed to mitigate variability and critical operational errors present in the manual bottling processes of micro, small, and medium-sized enterprises (MSMEs). The main objective was to simulate an automated system using a Siemens S7-1200 PLC and the TIA Portal environment to optimize production efficiency. The methodology was based on virtual validation using PLCSIM, integrating sequential logic in Ladder logic assisted by a 10 Hz clock bit for simulation progression. The results obtained demonstrate that the system guarantees precise dosing and effective sorting of defective containers, allowing for a projected reduction in waste and downtime. It is concluded that digital modeling is an indispensable strategic tool for regional industrial modernization, facilitating the transition to Industry 4.0 standards without the financial risks of immediate physical implementation.

La automatización industrial ha dejado de ser un elemento opcional para convertirse en un pilar fundamental en la transformación de los procesos productivos contemporáneos. En sectores como el embotellado y el envasado, donde la precisión, la trazabilidad y la eficiencia son decisivas, las tecnologías de control han demostrado ser una herramienta indispensable para garantizar la confiabilidad y la calidad del producto final. Según Guzmán, Vega y Salinas (2022), el uso de PLC y entornos de simulación como TIA Portal ha permitido anticipar fallas, validar secuencias de control y optimizar la lógica operativa antes de su implementación física, reduciendo costos y aumentando la productividad. Esta transición hacia sistemas automatizados es coherente con los principios de la Industria 4.0, en la que los procesos productivos avanzan hacia un mayor grado de digitalización, conectividad y autonomía (Montalvo & Olmos, 2023).

En este marco, el presente proyecto surge como una respuesta a la necesidad de fortalecer las capacidades de automatización en contextos regionales como el departamento de Nariño, donde muchas empresas aún operan bajo esquemas manuales o semiautomáticos que limitan su competitividad. Concebir un sistema que permita simular el proceso de llenado, tapado y control de calidad de botellas, utilizando un PLC Siemens y el entorno TIA Portal, constituye un aporte técnico y formativo significativo, especialmente para sectores productivos que requieren modernizarse sin asumir altos costos de implementación inicial.

Con este propósito, como primer objetivo, se desarrolla una revisión exhaustiva de literatura sobre tecnologías, estrategias y metodologías propias de la automatización aplicada a sistemas de envasado. Esta revisión permite identificar cuáles son los sensores, actuadores, arquitecturas de control y enfoques de simulación más utilizados en la industria moderna. Estudios como el de Chávez y Poma (2021) demuestran que comprender la naturaleza del proceso y analizar investigaciones similares es esencial para fundamentar decisiones de ingeniería y asegurar un diseño coherente con las tendencias tecnológicas actuales. Así, este primer objetivo no solo sienta las bases conceptuales y técnicas, sino que orienta la selección de

componentes y la estructura lógica del sistema que se implementará posteriormente.

En segunda instancia, y en concordancia con el segundo objetivo del proyecto, se procede al diseño del sistema automatizado. Esta etapa implica la definición de la arquitectura de control, la estructura de la banda transportadora, la ubicación y función de los sensores, la interacción con los actuadores neumáticos y la secuencia operativa que guiará el proceso desde la entrada de las botellas hasta su clasificación final. En la literatura reciente, Reyes y Romero (2020) destacan que el diseño detallado es decisivo para garantizar la sincronización de las etapas de llenado, tapado y control de calidad, evitando errores de posicionamiento, tiempos muertos o variaciones en el volumen dosificado. Por ello, el diseño desarrollado integra criterios de seguridad, eficiencia energética, repetibilidad del proceso y facilidad de supervisión del operador.

Una vez consolidado el diseño, el tercer objetivo del proyecto se orienta a la programación del sistema de control, la cual se desarrolla en TIA Portal utilizando lenguajes estandarizados por la IEC 61131-3, principalmente Ladder. Esta fase supone traducir el diseño conceptual en una lógica secuencial clara y robusta que controle cada etapa del proceso: detección de presencia, llenado mediante válvulas dosificadoras, activación de actuadores de tapado, validación de parámetros de calidad y clasificación final de botellas. De acuerdo con Mendoza y Varela (2022), una programación modular y bien estructurada permite reducir significativamente la frecuencia de fallas, facilita el mantenimiento y mejora la claridad de la operación. En este proyecto, además, se integra una interfaz HMI diseñada para que el operario pueda monitorear la evolución del proceso, visualizar alarmas, ajustar parámetros y comprender el funcionamiento general desde una perspectiva intuitiva y segura.

Finalmente, el cuarto objetivo se centra en la evaluación del sistema propuesto, lo cual implica validar el comportamiento del modelo bajo diferentes escenarios, analizando su eficiencia operativa, su confiabilidad en la detección de defectos, su comportamiento energético y su coherencia con los estándares técnicos contemporáneos. En esta fase se consideran lineamientos como los de la norma ISO 50001, que promueve la gestión eficiente de la energía en procesos industriales. Autores como Álvarez y Díaz (2022) sostienen que la simulación constituye una herramienta eficaz para cuantificar impactos técnicos y económicos antes de realizar inversiones reales, lo que reduce riesgos e incrementa la probabilidad de éxito en la implementación física. En este sentido, la simulación realizada no se limita a una visualización del proceso, sino que representa una validación técnica integral del diseño y la lógica programada.

Más allá de su componente tecnológico, este proyecto adquiere un carácter humanizado al considerar el contexto regional y la necesidad de fortalecer las capacidades locales de automatización. Empresas pequeñas y medianas de Nariño podrían beneficiarse de un modelo replicable que les permita comprender cómo funcionan los sistemas modernos de embotellado y cómo pueden implementarse gradualmente sin comprometer sus recursos. Asimismo, el proyecto constituye una herramienta pedagógica valiosa para instituciones

educativas y de formación técnica, al proporcionar un ejemplo funcional de integración entre PLC, sensores, actuadores y entornos de simulación.

II. METODOLOGÍA

A. Línea y Enfoque de Investigación

El estudio se inscribe en la línea de investigación "Capacidad de la ciencia, tecnología y desarrollo endógeno territorial". Se aplicó un enfoque mixto (Cuantitativo-Cualitativo), combinando el análisis de datos numéricos derivados de la simulación con la interpretación técnica de su aplicabilidad industrial. Se empleó un método deductivo-experimental para validar virtualmente el comportamiento de la planta.

B. Determinación del Universo Investigativo

El universo de estudio se definió por los recursos tecnológicos y no por sujetos humanos. La población abarca la documentación técnica de Siemens y estándares internacionales. La muestra se delimitó al PLC S7-1200, los bloques de programación en TIA Portal, y los actuadores y sensores virtuales modelados.

C. Técnicas de Recolección de Información

Se emplearon diversas herramientas para fundamentar el diseño, las cuales se resumen en la Tabla.

TÉCNICA	HERRAMIENTA / INSTRUMENTO
Revisión documental	Artículos IEEE, manuales de Siemens y normas (ISO, RETIE).
Observación técnica	Matriz de observación de procesos de llenado manuales.
Simulación digital	Monitores de variables y diagnóstico en TIA Portal / PLCSIM.
Encuesta	Cuestionario estructurado para evaluación de utilidad técnica.

III OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar y Simular una planta de llenado, tapado y clasificación de botellas en TIA Portal mediante PLC, para optimizar la eficiencia operativa y garantizar la calidad del proceso productivo.

Objetivos Específicos

- Realizar una revisión previa de literatura de los diferentes sistemas automatizados de llenado, clasificación y envasado de botellas para la identificación de las tecnologías más representativas de la simulación y la industria.

- Diseñar el sistema de llenado, clasificación y envasado de botella basados en los hallazgos de la revisión literaria de los sistemas automáticos.
- Programar un sistema de control automático de llenado, clasificación y envasado de productos líquidos basados en los parámetros de diseño.
- Evaluar la eficiencia operativa, la confiabilidad del sistema propuesto en términos de productividad, la gestión energética basado en la norma ISO 50001 y su impacto económico.

IV Desarrollo del proyecto.

A. Diseño y Arquitectura del Sistema

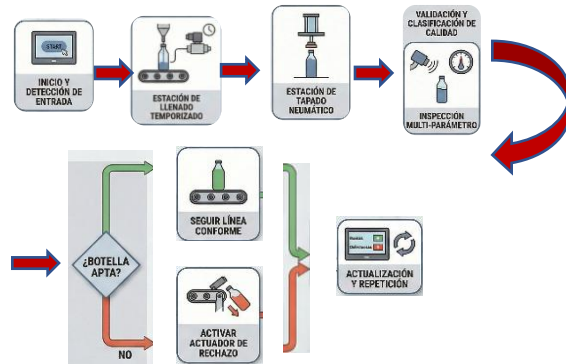
Se diseñó un sistema compuesto por cuatro subsistemas interconectados:

Equipo	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Tanque de llenado	Aluminio	Poliétileno	Acero inoxidable	Tanque con sanitario (acero + revestimiento PTFE)
Motor de accionamiento	Motor AC trifásico	Motor DC	Servomotor	Motor de imanes permanentes
Medio de transporte	B. transportadora	Tornillo sin fin	Cinta modular	Cadena Transportadora

Equipo	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Sensores	Sensor inductivo	Sensor ultrasónico	Sensor laser	Sensores (capacitivo + óptico) combinados
Sistema de control y rechazo	Relé cableado	PLC Siemens S7-1200	Arduino	PLC modular Rockwell
Interfaz de Control	Botonera Física	Panel Escada Ligero	HMI Tactil Siames	Panel PC

1. **Transporte:** Una banda transportadora motorizada para el flujo de envases.
2. **Llenado:** Un tanque de almacenamiento de acero inoxidable (grado AISI 304) con válvula solenoide.
3. **Tapado:** Un cilindro neumático para la colocación de tapas.
4. **Control de Calidad/Rechazo:** Estación dotada de un vástago de reubicación para desviar envases defectuosos.

La selección de componentes, basada en una matriz morfológica, priorizó el uso de sensores capacitivos para la detección de líquidos no metálicos y sensores ópticos/láser para la presencia de botellas, de ese modo, se construye un diagrama de flujo, para visualizar los procesos de cada etapa del proyecto.



B. Programación de la Lógica de Control

Se definió la tabla de variables de programación (PLC Tags) para la gestión del sistema, como se detalla de la siguiente manera:

NOMBRE	TIPO	DIRECCIÓN	FUNCIÓN
Inicio sistema	Bool	%M2.1	Habilita el ciclo automático (SR).
Clock_10Hz	Bool	%M0.0	Bit de reloj para incremento de simulación.
Bomba agua	Bool	%M2.4	Activa el motor de

			inyección al tanque.
Nivel tanque	Int	%MW4	Nivel simulado mediante contador CTUD.
Válvula llenada	Bool	%M3.7	Activa la dosificación en la botella.
Banda transportadora	Bool	%M2.7	Acciona el motor de la cinta.
Nivel botella	Int	%MW16	Volumen dosificado (CTU).
Botella aprobada	Bool	%MW8	Contador de productos conformes.
Botella defectuosa	Bool	%MW28	Contador de productos rechazados.

La lógica Ladder se organizó en bloques funcionales específicos:

Mediante el siguiente código QR, se precisa detalladamente en una carpeta de procesos mediante imágenes, la programación de cada etapa:



• **Arranque y Parada:** Se implementaron circuitos de autorretención (SR) para la gestión segura del sistema.

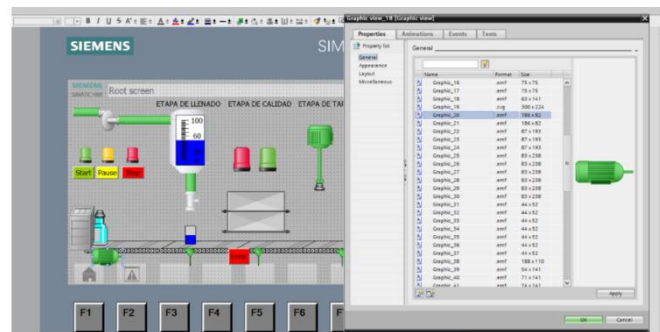
• **Control de Bomba y Tanque:** Se utilizó un contador ascendente/descendente (CTUD) para simular el nivel. El incremento se realiza mediante la activación de Bomba agua sincronizada con el bit de reloj %M0.0 (10 Hz) para representar el flujo de entrada.

• **Estación de Llenado y Tapado:** Se emplearon temporizadores TON. El llenado se configuró a 6 s y el tapado a 5 s. El sensor capacitivo valida la presencia del líquido antes de habilitar el avance de la banda.

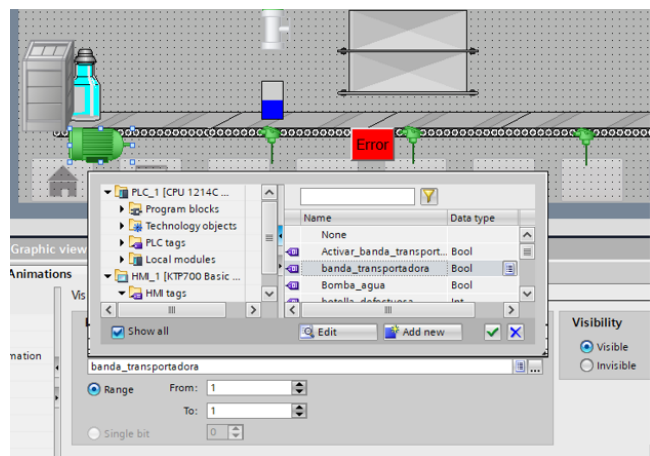
• **Control de Calidad:** Se distinguió entre el inicio del test (Test calidad, %M10.5) y la detección de errores (Error, %M11.1). Ante una falla, se activa el Test negativo (%M11.3), el cual acciona el vástago de reubicación para desviar la botella y actualiza el contador de botellas defectuosas (%MW28).

V. RESULTADOS DE LA SIMULACION Y EVALUACION

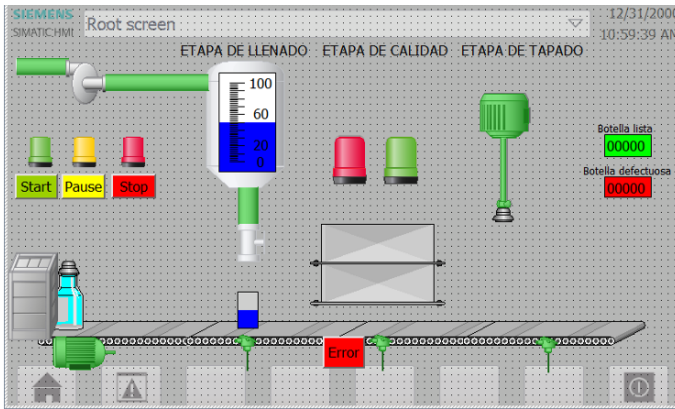
Configuración de gráficos en HMI



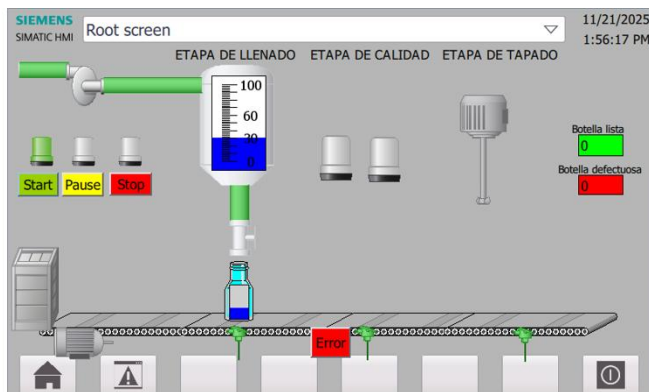
Asignación de variables de los gráficos



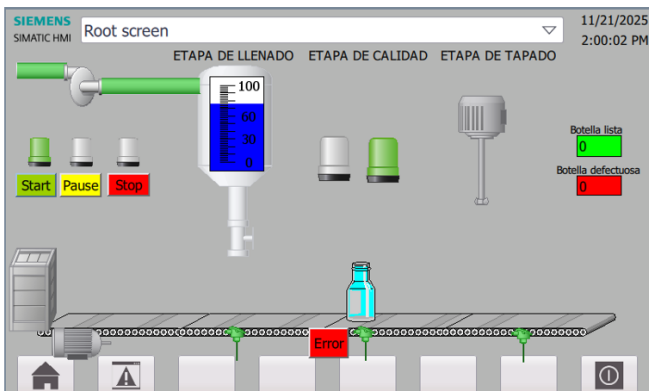
Visualización de la planta de llenado y control de calidad



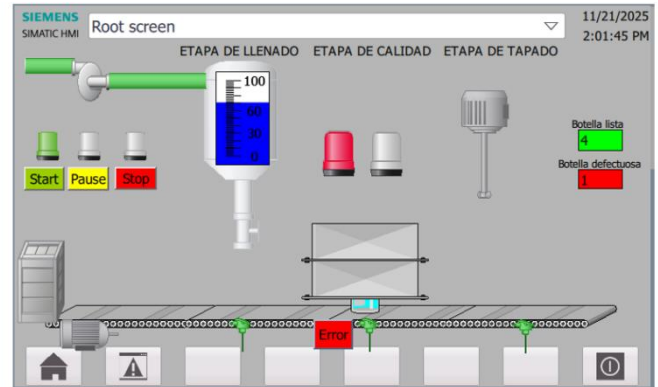
Visualización de la etapa de llenado



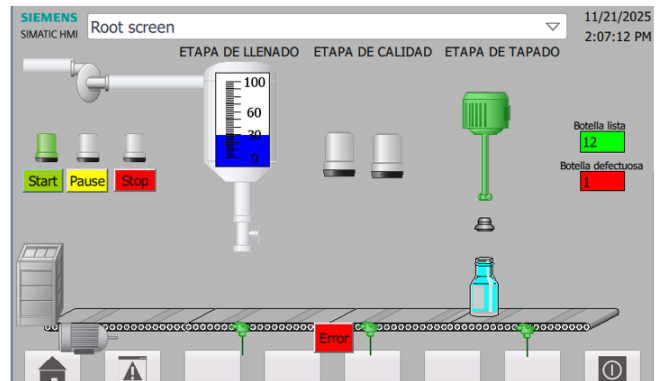
Visualización de etapa de control de calidad con validación positiva



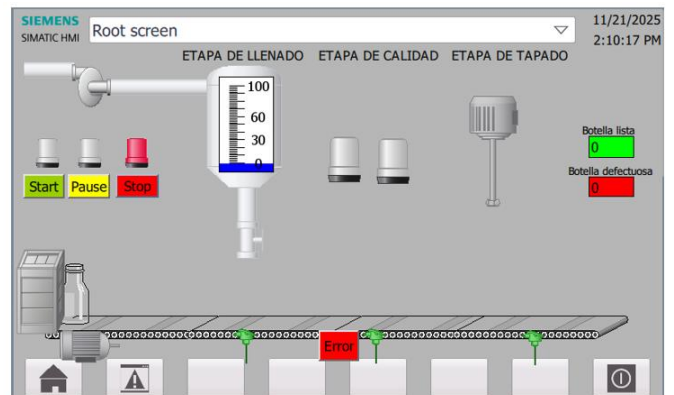
Visualización detección de "Error"



Visualización del tapado de la botella



Visualización de parada de emergencia y reinicio del sistema



A. Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

Se configuró un panel HMI KTP700 Basic PN para la supervisión en tiempo real. Los gráficos dinámicos se vincularon a las variables del PLC: los motores cambian a color verde durante la marcha, y el nivel del tanque se visualiza mediante una barra de estado vinculada a %MW4. La interfaz permite al operador visualizar el conteo de botellas aprobadas y defectuosas de forma simultánea.

B. Evaluación de Eficiencia y Normatividad

La simulación permitió validar la reducción de desperdicios mediante el cierre exacto de válvulas tras 6 s de llenado. El

sistema se evaluó bajo los criterios de la norma ISO 50001, optimizando el uso de energía al desenergizar actuadores en tiempos de espera. Se verificó el cumplimiento del reglamento RETIE para la proyección de instalaciones y la norma ISO 12100 mediante el uso de enclavamientos de seguridad y paradas de emergencia en la lógica de control. La conectividad estable entre PLCSIM y el panel HMI garantiza la viabilidad del diagnóstico remoto de fallas.

IX. CONCLUSIONES

- TIA Portal constituye una estrategia de alto valor para las MiPymes de Nariño, reduciendo significativamente los riesgos financieros antes de la adquisición de hardware físico.
- La robustez de la lógica Ladder, integrada con el bit de reloj %M0.0 y temporizadores TON, asegura la repetibilidad del proceso de dosificación y tapado, eliminando la variabilidad crítica del factor humano.
- El sistema de control de calidad desarrollado permite una trazabilidad precisa de la producción, ofreciendo un modelo pedagógico y estratégico para la modernización de la industria regional bajo estándares de eficiencia energética.

X. RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar validaciones en una planta embotelladora real para ajustar tiempos de ciclo, velocidades de la banda y tolerancias de los sensores, ya que las condiciones físicas industriales pueden variar respecto a la simulación.
- Para una futura implementación física, es recomendable integrar variadores de frecuencia en el control del motorreductor de la banda, lo que permitiría adaptar el flujo de trabajo a diferentes tamaños y capacidades de envases.
- Se aconseja robustecer la interfaz táctil integrando registros históricos de alarmas, gráficos de tendencia, diagnósticos del sistema en tiempo real y manuales interactivos para el operario.
- • Mantenimiento Preventivo en la pantalla HMI que debería incluir indicadores automáticos que alerten sobre la necesidad de realizar mantenimientos preventivos en los componentes mecánicos y eléctricos.
- Para entornos industriales con alta vibración o cambios de iluminación, se recomienda evaluar el uso de sensores láser o combinados (capacitivos y ópticos) que ofrezcan mayor precisión en la detección.
- Es vital incorporar módulos de seguridad certificados (categoría SIL/PL), incluyendo relés de seguridad específicos y un monitoreo redundante de los sensores de parada de emergencia.
- Se sugiere realizar simulaciones intencionales de escenarios de error en PLCSIM (como sensores que

no detectan o actuadores atascados) para verificar y fortalecer la respuesta lógica de seguridad del programa.

REFERENCES

- Aguirre-Villa, M. A., & Villota-Eraso, R. A. (2022). Adopción del enfoque de Industria 4.0: una mirada a las pymes. RedCOL MinCiencias.
- Álvarez, F., & Díaz, P. (2022). Estrategias de gestión energética en sistemas automatizados industriales basados en ISO 50001. *Revista Ingeniería y Energía*, 14(2), 45–56.
<https://revistadeingenieriayenergia.org/articulo-2022-energetica>
- Arco, J. (2020). Sistema de accionamiento neumático para líneas de embotellado [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de Loja].
<https://repositorio.unl.edu.ec/handle/123456789/23450>
- Bernal-Díaz, I. V. (2025). Factores que influyen en la adopción de tecnologías 4.0 en pymes manufactureras colombianas. Cuadernos de Administración (PUJ).
https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuadernos_admon/article/view/41036
- Candamil Ló, D. E. (2023). Diseño, construcción y caracterización de una válvula neumática digital proporcional de 5/3 vías (Tesis de pregrado). Universidad del Cauca.
<https://uvadoc.blogs.uva.es/2019/06/17/doi-en-las-tesis-de-la-universidad/>
- Cañas, D. (2019). Mantenimiento remoto de sistemas industriales automatizados [Tesis de maestría, Universidad de Antioquia].
<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/handle/10495/11587>
- Castro, M. C. (2024). Diseño de un sistema automático para el empaquetado y sellado de helados en la industria alimentaria. Universidad Autónoma de Occidente.
<https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/db36dbbc-8b0a-4f0c-82767c5a39d73020/content>
- CEDRE–Universidad de Nariño. (2024). Plan de fortalecimiento de la competitividad en MiPymes del sector industrial manufacturero del municipio de Pasto. Universidad de Nariño. https://cedre.udenar.edu.co/wp-content/uploads/2024/08/19_PLAN-DE-FORTALECIMIENTO-DE-LA-COMPETITVDAD-EN-MIPYMES-DEL-SECTOR-INDUSTRIAL-MANUFACTURERO-DEL-MUNICIPIO-DE-PASTO.pdf

- Chavez, J. C., & Poma, E. S. (2021). Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo SCADA en TIA Portal para una planta de envasado de leche (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica del Perú.
<https://uvadoc.blogs.uva.es/2019/06/17/doi-en-las-tesis-de-la-universidad/>.
- Chávez, M., & Poma, R. (2021). Diseño y simulación de una planta de envasado con monitoreo SCADA en TIA Portal (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería.
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/UNI/3215>
- Cruz, R. (2020). Diseño y simulación de una banda transportadora automatizada para envases PET [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte].
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10798>
- Díaz, A., Blanco, E., & Castro, R. (2021). Manual de componentes y dispositivos eléctricos en la automatización. Editorial McGraw Hill.
- Díaz, R., & Paz, J. (2023). Automatización industrial: Implementación de PLC en el control de procesos de llenado y empaquetado. Editorial Tecnológica.
- Domínguez, J. P., & Marín, S. A. (2017). Modelado de un sistema de producción y envasado de gaseosas con redes de Petri, para la implementación en autómatas programables (Tesis de grado). Universidad del Quindío.
<https://repositorio.uniquindio.edu.co/handle/001/4089>
- Eitel, L. (2022). Programación de PLC: Un resumen técnico con ejemplos de Siemens. DigiKey.
<https://www.digikey.com/es/articles/programming-plcs-a-technical-summary>
- Evangelista, E., & Torres, R. (2023). Diseño de una máquina automática de llenado de líquidos [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de Loja].
<https://repositorio.unl.edu.ec/handle/123456789/6989>
- Folgado, J., Calderón, P., González, S., & Calderón, A. (2024). Automatización industrial y sistemas PLC en la Industria 4.0 [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid].
<https://oa.upm.es/79426/>
- Frota, C., Aguilar, L., & Germano, P. (2025). Optimización de sistemas neumáticos aplicados a taponado industrial [Tesis de ingeniería, Universidade Federal da Bahia].
<https://repositorio.ufba.br/handle/ri/55590>
- García, D., & Torres, L. (2022). Eficiencia operacional en procesos de embotellado manual y semiautomático. Revista Latinoamericana de Ingeniería, 15(1), 12–20.
<https://revlatingenieria.org/vol15-1-garcia>
- Garzón, F. (2022). Aplicación de sensores de conteo en plantas embotelladoras [Tesis de ingeniería, Universidad de Caldas].
<https://repositorio.ucaldas.edu.co/handle/123456789/9846>
- Gómez, C. (2023). Aplicación de sensores capacitivos en sistemas de llenado de líquidos [Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana].
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22768>
- González, F. A. (2023). Diseño e implementación de un sistema de automatización para una banda transportadora utilizando PLC Siemens S7-1200 [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica].
 Repositorio Institucional. de ejemplo:
https://repositorio.utec.edu.ec/handle/gonzalez_automatizacion_plc_2023
- Guzmán, H. A., Reyes, L. F., & Poma, S. R. (2022). Diseño de sistema automatizado de línea de embotellado de agua potable con PLC S7-1500 y TIA Portal (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://uvadoc.blogs.uva.es/2019/06/17/doi-en-las-tesis-de-launiversidad/>.
- Guzmán, H. A., Reyes, L. F., & Poma, S. R. (2022). Diseño de sistema automatizado de línea de embotellado de agua potable con PLC S7-1500 y TIA Portal (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://uvadoc.blogs.uva.es/2019/06/17/doi-en-las-tesis-de-launiversidad/>.
- Guzmán, J., Vega, L., & Salinas, A. (2022). Implementación de PLC y simulación industrial para la optimización de líneas de producción. Revista de Automatización Industrial, 18(1), 12–25.
<https://revistas.automationjournal.org/rai/v18n1-plc-simulacion>
- <https://repositorio.udistrital.edu.co/handle/11349/31025>
- Industrias GSL. (2024). Válvulas neumáticas.
https://industriassgsl.com/blogs/automatizacion/valvulas_neumaticas
- Jiménez, A., & Torres, M. (2020). Análisis de tiempos de ciclo en controladores PLC [Tesis de ingeniería, Universidad EAFIT].
<https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/17056>
- López, A. (2021). Implementación de simulaciones computacionales para optimizar líneas de llenado automático (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21055>
- López, A., & Martín, F. (2023). Fundamentos de la automatización industrial con PLC: Estructura, programación y aplicaciones. Ediciones Marcombo
- Mendoza, D., & Varela, C. (2022). Optimización de sistemas de llenado mediante PLC S7-1200 y

- simulación industrial. *Revista Colombiana de Ingeniería Aplicada*, 10(3), 30–40.
<https://revistas.rcia.edu.co/articulo2022-llenado>
- Mendoza, D., & Varela, C. (2022). Optimización de un sistema de llenado mediante PLC S7-1200 y TIA Portal: análisis energético y operativo. *Revista Colombiana de Ingeniería Aplicada*, 10(3), 33–48.
<https://revistas.rcia.edu.co/optimizacion-sistema-llenado-2022>
- Mendoza, L. (2021). Análisis electromecánico de motores AC industriales [Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana].
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21555>
- Mendoza, R. D., & Varela, S. A. (2022). Diseño e implementación de un sistema automatizado de llenado de envases plásticos con enfoque en eficiencia energética (Tesis de grado). Universidad de [Nombre de la Universidad Colombiana].
<https://uvadoc.blogs.uva.es/2019/06/17/doi-en-lastesis-de-la-universidad/>
- Mendoza, R. D., & Varela, S. A. (2022). Diseño e implementación de un sistema automatizado de llenado de envases plásticos con enfoque en eficiencia energética (Tesis de grado). Universidad de [Nombre de la Universidad Colombiana].
<https://uvadoc.blogs.uva.es/2019/06/17/doi-en-lastesis-de-la-universidad/>
- Montalvo, A. C., & Olmos, J. M. (2023). Diseño y simulación del sistema de transporte de botellas en una línea de producción utilizando PLC SIM Advanced y TIA Portal (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana.
- Montalvo, A. C., & Olmos, J. M. (2023). Diseño y simulación del sistema de transporte de botellas en una línea de producción utilizando PLC SIM Advanced y TIA Portal (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana.
<https://uvadoc.blogs.uva.es/2019/06/17/doi-en-las-tesis-de-la-universidad/>
- Montalvo, H., & Olmos, S. (2023). Simulación avanzada de sistemas de transporte y clasificación de botellas mediante PLC Siemens y PLC SIM Advanced. *Revista Latinoamericana de Automatización*, 7(1), 66–80.
<https://revistaautomatizacionlatam.org/articulo/2023-transporteyclasificacion>
- Páramo-Flores, J. A. (2023). Simulación del proceso de envasado de leche mediante PLC. Universidad Politécnica Salesiana.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26028/1/UPS-GT004592.pdf>
- Pérez, L. F., & Roldán, M. E. (2020). Integración de visión artificial y PLC S7-1500 en TIA Portal para el control de calidad de llenado y tapado de botellas (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).
<https://repositorio.unicesar.edu.co/handle/123456789/1899>
- Perpiñan, A. E. (2018). Diseño de un sistema adjunto de llenado automatizado de botellas de 5 litros con agua mineral (Trabajo de Grado). Universidad Popular del Cesar.
<https://repositorio.unicesar.edu.co/handle/123456789/1899>
- Perpiñan, A. E. (2018). Diseño de un sistema adjunto de llenado automatizado de botellas de 5 litros con agua mineral (Trabajo de Grado). Universidad Popular del Cesar.
<https://repositorio.unicesar.edu.co/handle/123456789/1899>
- Ramírez, C. A., & Sánchez, G. D. (2023). Simulación virtual de una línea de envasado y paletizado mediante la integración de TIA Portal y Factory I/O para el aprendizaje en ingeniería (Tesis de grado). Universidad Tecnológica de Pereira.
<https://uvadoc.blogs.uva.es/2019/06/17/doi-en-lastesis-de-la-universidad/>
- Ramírez, C. A., & Sánchez, G. D. (2023). Simulación virtual de una línea de envasado y paletizado mediante la integración de TIA Portal y Factory I/O para el aprendizaje en ingeniería (Tesis de grado). Universidad Tecnológica de Pereira.
<https://uvadoc.blogs.uva.es/2019/06/17/doi-en-lastesis-de-la-universidad/>
- Reyes, F., & Romero, J. (2020). Automatización de una línea de clasificación y tapado de botellas mediante PLC y visión artificial simulada (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Reyes, S. P., & Romero, F. J. (2020). Automatización de una línea de clasificación y tapado de botellas mediante PLC y sistemas de visión artificial (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
<https://uvadoc.blogs.uva.es/2019/06/17/doi-en-las-tesis-de-la-universidad/>
- Rodríguez, E., & Salinas, G. (2022). Fuentes de alimentación en sistemas de automatización industrial [Tesis de ingeniería, Universidad de Guadalajara].
<https://repositorio.udg.mx/handle/20.500.12104/99751>
- Rodríguez, J., & Gutiérrez, M. (2024). Dispositivos de protección contra sobrecorriente en sistemas industriales: El papel del interruptor automático. *Revista de Tecnología Eléctrica*, 15(1), 78–90.
<https://revistatecnologiaelectronica.com/dispositivos-de-proteccion-rodriquez-gutierrez.pdf>
- Salazar, P., & Valenzuela, R. (2023). Sistemas de supervisión automatizada para procesos de llenado y control de calidad. *Revista de Automatización y Control*, 8(1), 40–49.
<https://revautocontrol.org/832023>
- Santiago, P. (2021). Implementación de interfaz HMI en sistemas embotelladores automatizados [Tesis de ingeniería, Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/37700>
- SDI Industrial. (2024). 7 Sensores y Actuadores Industriales Clave para una Producción Inteligente.

<https://sdindustrial.com.mx/blog/7-sensores-y-actuadores/>
 SICMA21. (2021). Qué es un sistema HMI, para qué sirve y cómo funciona. <https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/>
 Siemens AG. (2023). PLC S7-1200 overview. Siemens Global. <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/s7-1200.html>
 Siemens. (2022). TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal). <https://www.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/software-industrial/tia-portal.html>
 Solarte, C. M. (2022). Diagnóstico de la innovación en el sector de producción de alimentos y bebidas del municipio de Pasto. Tendencias, Universidad de Nariño. https://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-86932022000200078&script=sci_arttext
 SP. (2023). Control de motores AC mediante VFD en procesos industriales [Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27911>
 Tuesta, C. R., & Torres, F. M. (2020). Automatización del proceso de llenado de bebidas energéticas, utilizando un controlador lógico programable (PLC) en la empresa Cervecería San Juan S.A. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3421>
 Tuesta, C. R., & Torres, F. M. (2020). Automatización del proceso de llenado de bebidas energéticas, utilizando un controlador lógico programable (PLC) en la empresa Cervecería San Juan S.A. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3421>