

**Implementación de sistemas MPS de Festo aplicado a enseñanza en
procesos flexibles de automatización
(Resumen Analítico)**

***Implementation of Festo MPS Systems Applied to Teaching in Flexible
Automation Processes
(Analytical Summary)***

Autores (*Authors*): Burbano Imbaquin Christian David, Jojoa Ortiz Carlos Andrés
Facultad (*Faculty*): Ingeniería
Programa (*Program*): Mecatrónica
Asesor (*Support*): Mag. Tito Manuel Piamba Mamian
Coasesor (*Support*): Ing. Javier Humberto Chamorro Arteaga
Fecha de terminación del estudio (*End of the research*): Noviembre, 2024
Modalidad de Investigación (*Kind of research*): Trabajo de Grado

PALABRAS CLAVE

Sistemas de producción modular (SPM)
Sistemas modulares
Sistemas de manufactura flexible (SMF)
Manufactura flexible
Automatización modular
Sistemas MPS de Festo
Estación FMS de Festo
Estación de distribución
Estación de verificación
Estación de manipulación
Estación de clasificación

KEY WORDS

Modular Production Systems (MPS)
Modular Systems
Flexible Manufacturing Systems (FMS)
Flexible Manufacturing
Modular Automation
Festo MPS Systems
Festo FMS Station
Distribution Station
Testing Station
Handling station
Sorting station

RESUMEN: Este proyecto, titulado "Implementación de sistemas MPS de Festo aplicado a enseñanza en procesos flexibles de automatización", tiene como objetivo principal desarrollar simulaciones de procesos de manufactura flexible utilizando los módulos MPS de Festo (estación de distribución, verificación, manipulación y clasificación), disponibles en el SENA de la ciudad de Pasto. Estas simulaciones están diseñadas para promover un ambiente pedagógico que facilite el aprendizaje práctico en automatización y mecatrónica, áreas clave para la adaptación a la Industria 4.0.

La investigación se enfoca en los **sistemas de producción modular (MPS)**, los cuales destacan por su capacidad de combinar estaciones, módulos y accesorios para recrear líneas de producción adaptadas a objetivos específicos. Se exploran las ventajas de estos sistemas, como la flexibilidad, eficiencia y competitividad, y su capacidad de integrar tecnologías avanzadas como los controladores lógicos programables (PLC) y sistemas de control en lazo cerrado y abierto.

El proyecto propone una metodología basada en cuatro fases: investigación y análisis, diseño y desarrollo de operaciones de automatización, pruebas de validación, y documentación de resultados. Esta estructura permite identificar y aplicar metodologías para procesos flexibles, diseñar operaciones que reflejen escenarios industriales reales, y validar el desempeño de los módulos a través de pruebas funcionales.

Entre los resultados esperados, se encuentra la creación de procesos de manufactura flexible que ejemplifiquen configuraciones productivas adaptables, promoviendo la comprensión de conceptos fundamentales en automatización y manufactura. Además, se busca resaltar el papel de los MPS como herramientas innovadoras para la enseñanza, permitiendo a los estudiantes interactuar de manera dinámica con tecnologías actuales y desarrollar competencias aplicables al ámbito industrial.

ABSTRACT: *This project, titled "Implementation of Festo MPS Systems Applied to Teaching in Flexible Automation Processes," aims to develop simulations of flexible manufacturing processes using Festo's Modular Production Systems (MPS) modules (distribution, testing, handling, and sorting station), available at the SENA facility in Pasto, Colombia. These simulations are designed to foster a pedagogical environment that facilitates practical learning in automation and mechatronics, essential fields for adapting to Industry 4.0.*

The research focuses on Modular Production Systems (MPS), which are known for their ability to combine stations, modules, and accessories to recreate production lines tailored to specific objectives. The study explores the advantages of these systems, such as flexibility, efficiency, and competitiveness, and their integration with advanced technologies like programmable logic controllers (PLCs) and open and closed-loop control systems.

The project proposes a methodology divided into four phases: research and analysis, design and development of automation operations, validation testing, and documentation of results. This structure allows for the identification and application of methodologies for flexible processes, the design of operations that reflect real-world industrial scenarios, and the validation of MPS performance through functional tests.

Expected outcomes include the creation of flexible manufacturing processes that exemplify adaptable production configurations, enhancing the understanding of fundamental automation and manufacturing concepts. Additionally, the project aims to highlight the role of MPS as innovative tools for teaching, enabling students to dynamically interact with current technologies and develop competencies applicable in the industrial sector.

CONCLUSIONES: El desarrollo de procesos de manufactura flexible mediante los módulos MPS de Festo (distribución, verificación, manipulación y clasificación) demostró su capacidad para replicar condiciones reales de producción, facilitando la comprensión de conceptos clave en automatización y control. Entre las fortalezas del proyecto destaca la integración efectiva de tecnologías como neumática, electroneumática y redes de comunicación. Aunque las simulaciones fueron necesarias debido a la disponibilidad limitada de equipos, estas abren la puerta a explorar plataformas más avanzadas que complementen el aprendizaje práctico.

La metodología aplicada estructuró un enfoque claro y secuencial, desde la recopilación de información técnica hasta la simulación inicial y validación. Este enfoque permitió la implementación ordenada y eficiente de los procesos, identificando oportunidades de mejora en cada fase.

La generación de operaciones de automatización mediante los módulos MPS confirmó la precisión y versatilidad para representar procesos de manufactura flexible. La escalabilidad y adaptabilidad de las operaciones diseñadas subrayan el potencial de estos módulos para simular diversos escenarios productivos, promoviendo soluciones innovadoras.

La validación del funcionamiento de los módulos MPS mediante pruebas de test comprobó su efectividad bajo condiciones definidas, garantizando la correcta interacción entre estaciones a través de Profinet. Las simulaciones realizadas en FluidSIM y GRAFCET optimizaron tiempos y minimizaron errores en la implementación, fortaleciendo el proceso de enseñanza y aprendizaje.

CONCLUSIONS: *The development of flexible manufacturing processes using Festo's MPS modules (distribution, testing, handling, and sorting) demonstrated their ability to replicate real production conditions, facilitating the understanding of key concepts in automation and control. Among the project's strengths is the effective*

integration of technologies such as pneumatics, electropneumatics, and communication networks. Although simulations were necessary due to limited equipment availability, they open the door to exploring more advanced platforms that complement hands-on learning.

The applied methodology structured a clear and sequential approach, from gathering technical information to initial simulation and validation. This approach enabled the orderly and efficient implementation of processes, identifying opportunities for improvement at each stage.

The generation of automation operations using the MPS modules confirmed their accuracy and versatility in representing flexible manufacturing processes. The scalability and adaptability of the designed operations emphasize the potential of these modules to simulate various production scenarios, promoting innovative solutions.

The validation of the MPS modules' functionality through test trials confirmed their effectiveness under defined conditions, ensuring proper interaction between stations via Profinet. Simulations conducted in FluidSIM and GRAFCET optimized time and minimized errors in implementation, strengthening the teaching and learning process.

RECOMENDACIONES: Durante la ejecución del proyecto, se identificaron algunas limitaciones y desafíos que impactaron el desarrollo y precisión del sistema:

- **Disponibilidad de estaciones:** El proyecto se desarrolló utilizando únicamente cuatro estaciones, ya que las demás no se encontraban en condiciones óptimas para su operación.
- **Fallas en sensores:** Muchos sensores no estaban en funcionamiento, lo que obligó a realizar adaptaciones en la programación para omitir su uso. Si bien estas adaptaciones permitieron completar el proyecto, redujeron la precisión del proceso.
- **Conexiones físicas:** Se detectó la necesidad de prestar especial atención a las conexiones electrónicas y neumáticas para evitar problemas operativos.
- **Comunicación entre PLCs:** La desconexión de cables Ethernet puede interrumpir la comunicación entre PLCs, afectando el flujo del proceso automatizado.
- **Estado de los componentes:** Algunos componentes presentaron fallas o estaban mal conectados, lo que requería ajustes y revisiones adicionales.

Para optimizar el proceso de aprendizaje y asegurar una comprensión más profunda de los sistemas de automatización, se recomienda implementar una rúbrica detallada como la propuesta, que guíe y evalúe cada etapa del proyecto. Esta rúbrica no solo facilita la organización del trabajo, sino que también proporciona una evaluación estructurada de las actividades y competencias alcanzadas.

Se recomienda considerar la integración de módulos adicionales al sistema MPS, lo cual permitiría ampliar la variedad de escenarios productivos y desarrollar un aprendizaje más completo sobre los procesos industriales flexibles. Incorporar sensores avanzados RFID, como de visión artificial o de calidad, también podría optimizar la precisión en la clasificación y mejorar el control de calidad, proporcionando una experiencia de formación más robusta y acorde con los estándares de la Industria 4.0.

Se sugiere realizar inspecciones detalladas de los componentes de las estaciones para asegurar que no presenten defectos y estén conectados de manera adecuada, reduciendo así la probabilidad de interrupciones o fallos en el sistema. Asimismo, se sugiere sustituir o reparar los sensores que presentaron fallas, con el fin de garantizar un proceso más preciso y alineado con el funcionamiento ideal esperado.

Por otro lado, se sugiere implementar procedimientos regulares de mantenimiento y revisión tanto de las conexiones electrónicas como de las neumáticas, lo que ayudará a minimizar posibles fallos operativos y asegurar la continuidad del proceso. Además, es importante verificar que los cables Ethernet estén correctamente conectados antes de iniciar cualquier operación, garantizando así una comunicación estable y efectiva entre los PLCs de las estaciones.

Las recomendaciones propuestas buscan abordar las limitaciones identificadas durante la ejecución del proyecto, mejorando tanto la precisión como la funcionalidad del sistema. La reparación y optimización de las estaciones no operativas, junto con el reemplazo o reparación de componentes defectuosos, permitirá alcanzar un funcionamiento más eficiente y preciso.

RECOMMENDATIONS: *During the project's execution, some limitations and challenges were identified that impacted the system's development and accuracy:*

- ***Station availability:*** *The project was developed using only four stations, as the others were not in optimal condition for operation.*
- ***Sensor failures:*** *Many sensors were not functioning, requiring adaptations in the programming to bypass their use. While these adaptations allowed the project to be completed, they reduced process accuracy.*
- ***Physical connections:*** *The need to pay special attention to electronic and pneumatic connections was identified to avoid operational issues.*
- ***PLC communication:*** *Ethernet cable disconnections can disrupt communication between PLCs, affecting the flow of the automated process.*
- ***Component condition:*** *Some components failed or were improperly connected, requiring further adjustments and inspections.*

To optimize the learning process and ensure a deeper understanding of automation systems, it is recommended to implement a detailed rubric, such as the one

proposed, which guides and evaluates each stage of the project. This rubric not only facilitates work organization but also provides a structured evaluation of the activities and competencies achieved.

It is recommended to consider integrating additional modules into the MPS system, which would expand the variety of productive scenarios and enable a more comprehensive learning experience on flexible industrial processes. Incorporating advanced RFID sensors, such as those for machine vision or quality, could also improve classification accuracy and enhance quality control, providing a more robust training experience in line with Industry 4.0 standards.

It is suggested to conduct detailed inspections of the station components to ensure they are defect-free and properly connected, thus reducing the likelihood of interruptions or system failures. Additionally, replacing or repairing malfunctioning sensors is recommended to ensure a more accurate process aligned with the ideal expected performance.

On the other hand, regular maintenance and inspection procedures for both electronic and pneumatic connections should be implemented, helping to minimize potential operational failures and ensuring process continuity. It is also crucial to verify that Ethernet cables are properly connected before starting any operation, thus ensuring stable and effective communication between the PLCs of the stations.

The proposed recommendations aim to address the limitations identified during the project's execution, improving both the system's accuracy and functionality. Repairing and optimizing non-operational stations, along with replacing or repairing defective components, will enable more efficient and precise operation.