

Método para la integración y simulación de escenarios virtuales

Moisés Rodríguez Morales¹, Ulises Bañuelos Amezcua², Juan José Venegas Moreno³, José de Jesús Hernández Martínez⁴, Luis Gabriel González Vázquez⁵, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez – Campus Tamazula, Departamento de Ingeniería Electromecánica^{1,2,3,4}, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Departamento de Ingeniería Industrial⁵.

RESUMEN

En este trabajo de investigación se presenta la integración de LOGO y Factory IO mediante Ethernet. Esta integración permite la automatización de diversos escenarios construidos por los usuarios en un ambiente virtual, logrando así verificar el funcionamiento de la lógica de control implementada en un controlador físico para validar su eficacia. Se presenta un caso de estudio que ilustra el procedimiento de aplicación de la metodología, destacando los detalles importantes para tener en cuenta en la configuración y puesta en operación del proceso virtual que se desea estudiar.

Índice de Términos – Automatización, PLC LOGO, Factory IO, Simulación, Lenguaje Ladder, HMI, Monitoreo, Control Remoto, CADe_SIMU, Web Editor.

ABSTRACT

This work presents the integration of LOGO and Factory IO via Ethernet. This integration allows the automation of various scenarios constructed by users in a virtual environment, enabling the verification of the control logic implemented in a physical controller to validate its effectiveness. A simple case study is presented to illustrate the application procedure of the methodology, highlighting important details to consider in the configuration and operation of the virtual process to be studied.

Index of Terms – Automation, PLC LOGO, Factory IO, Simulation, Ladder Logic, HMI, Monitoring, Remote Control, CADe_SIMU, Web Editor.

Moisés Rodríguez Morales, Docente del departamento de Electromecánica. Tecnológico Nacional de México / ITJMMPH-Tamazula. moises.rodriguez@tamazula.tecmm.edu.mx

²Ulises Bañuelos Amezcua, Docente del departamento de Electromecánica. Tecnológico Nacional de México / ITJMMPH-Tamazula. ulises.banuelos@tamazula.tecmm.edu.mx

³Juan José Hernández Martínez, Docente del departamento de Electromecánica. Tecnológico Nacional de México / ITJMMPH-Tamazula. jose.venegas@tamazula.tecmm.edu.mx

⁴José de Jesús Hernández Martínez, Docente del departamento de Electromecánica. Tecnológico Nacional de México / ITJMMPH-Tamazula. jose.hernandez@tamazula.tecmm.edu.mx

⁵Luis Gabriel González Vázquez, Docente del departamento de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. luis.gv@cdguzman.tecnm.mx (autor de correspondencia).

I. INTRODUCCIÓN

La digitalización de la industria está imponiendo nuevos desafíos a los sistemas de control automático, dado que su rendimiento tiene un impacto significativo en los procesos industriales. En este contexto, los sistemas de control lógico programable (PLC) se han convertido en una pieza fundamental de los sistemas de automatización, permitiendo la integración y el control de diversos dispositivos y subsistemas en una sola plataforma.

El PLC LOGO! 8M 230RCE de Siemens, cuenta con una pantalla que puede cambiar entre tres colores y tiene una clasificación de protección IP20. Funciona con una fuente de alimentación de 115/230 VAC y es capaz de procesar hasta 400 bloques de funciones. El dispositivo dispone de 8 entradas digitales y 4 salidas digitales mediante relevadores. Este PLC es programable a través de una interfaz Ethernet y puede comunicarse con otros módulos de la serie LOGO!. Además, incluye aplicaciones de servidor web integrado que permiten la supervisión y el control inalámbricos mediante smartphone, tabletas electrónicas o PC. También permite almacenar páginas web personalizadas para visualización. El PLC LOGO! es ideal para diversas aplicaciones, como el control de máquinas en procesos industriales y de fabricación, la gestión tecnológica de edificios, la programación de tiempos para sistemas de control de tráfico y el uso en bombas o sistemas de filtración. También es apto para aplicaciones especiales. En la Fig. 1, se muestra como es físicamente.



Fig. 1. Controlador LOGO! De Siemens [9]

Por otro lado, Factory I/O es una plataforma avanzada de simulación 3D que permite a los usuarios crear y simular sistemas industriales automatizados en un entorno virtual. Esta herramienta es especialmente útil para la formación y la enseñanza en automatización y control industrial, ya que permite diseñar, probar y depurar programas de controlador lógico programable (PLC) sin la necesidad de contar con equipos físicos.

Una de las características más destacadas de Factory I/O es su capacidad para ofrecer simulaciones 3D realistas de plantas industriales. Este entorno tridimensional permite a los usuarios interactuar con una variedad de componentes industriales, incluyendo sensores, actuadores, transportadores y robots, que se pueden utilizar para construir y probar sistemas automatizados. Además, la plataforma es compatible con varios tipos de PLC's y software de programación de PLC, facilitando la conexión y prueba de programas en un entorno virtual.

Factory I/O incluye una biblioteca extensa de componentes que permite a los usuarios crear sus propios escenarios personalizados, adaptándose a necesidades específicas de aprendizaje o entrenamiento. Además de los escenarios personalizables, la plataforma también ofrece escenarios predefinidos que permiten a los usuarios practicar y aprender diferentes aspectos de la automatización industrial.

La modularidad y personalización de Factory I/O la hacen una herramienta versátil y adecuada para una amplia gama de aplicaciones como se muestra en la Fig. 2.

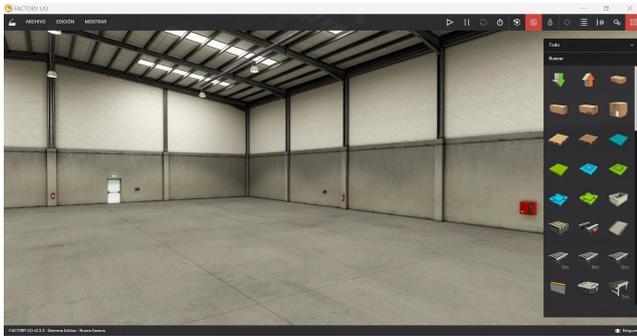


Fig. 2. Factory IO [10].

En términos de aplicaciones, Factory I/O es ideal para la formación en automatización industrial, proporcionando una plataforma segura y flexible para el aprendizaje. Es utilizada en instituciones educativas para enseñar principios de automatización industrial y control de procesos, y también es una herramienta valiosa para el desarrollo y prueba de prototipos, permitiendo a ingenieros y técnicos experimentar con nuevas configuraciones y programas antes de implementarlos en un entorno real. Además, la plataforma permite la creación de simulaciones complejas, lo cual es útil para entrenar a operadores y técnicos en la gestión de sistemas automatizados.

Existen varios ejemplos que muestran como conectar un PLC LOGO a Factory IO en algunos tutoriales y recursos

en línea [6] continuando con la revisión se identificó un recurso que muestra la conexión de un PLC LOGO a Factory IO agregando un HMI [7] pero carece de un análisis formal y detallado de los desafíos técnicos, las consideraciones de diseño y las posibles aplicaciones de esta integración.

En este trabajo, se presenta un estudio exhaustivo sobre la conexión entre un PLC LOGO de Siemens y el software de simulación Factory I/O. Se abordan aspectos como los protocolos de comunicación, las configuraciones necesarias, las estrategias de integración y las posibles aplicaciones en el ámbito industrial. Además, se analizan los beneficios y las limitaciones de esta integración, así como las oportunidades de investigación y desarrollo futuras.

II. MÉTODOS Y HERRAMIENTAS

En el presente trabajo se propone una metodología para la automatización de un escenario virtual, que ofrece un enfoque sistemático y detallado para el diseño, implementación y validación de sistemas de automatización en un entorno virtual. Esta metodología tiene como objetivo garantizar que el proceso de automatización sea eficiente y efectivo, y que esté adecuadamente documentado. Facilita la integración de componentes físicos y virtuales, y asegura un funcionamiento óptimo del sistema. A continuación, en la Fig. 3, se presentan los pasos necesarios para alcanzar el éxito en la implementación de esta metodología.

Metodología para Automatizar un Escenario Virtual (MAEV).

Paso 1: Planificación y diseño del sistema. En el primer paso, se debe redactar la descripción funcional del proyecto de automatización. Es esencial identificar y listar cada elemento y dispositivo requerido en una tabla, para garantizar la disponibilidad y correcta integración de todos los recursos. Esto incluye tanto el PLC como el escenario virtual, permitiendo así la asignación adecuada de tipos de variables y la asignación de direcciones físicas para su conexión.

Paso 2: Implementación del escenario virtual. En el segundo paso, se construye el escenario virtual utilizando el programa de simulación. Se crea un modelo detallado del proceso a controlar, que sirva para la simulación y validación del funcionamiento del sistema en un entorno controlado. Esta etapa es esencial asegurar que el sistema funcione correctamente en condiciones simuladas.

Paso 3: Instalación e integración del PLC y panel de operación físico. En el cuarto paso, se diseña y ensambla el panel de operación, que debe incluir todos los componentes necesarios, como botones, interruptores e indicadores. El panel debe montarse de manera que facilite su uso durante las operaciones.

Tras el ensamblaje, se realiza la conexión del panel al PLC, asegurando que todos los cables y componentes

estén correctamente conectados y configurados. Esta etapa incluye una verificación minuciosa para garantizar que el panel funcione de manera eficiente y permita un control preciso del proceso.



Fig. 3. Metodología MAEV.

Paso 4: Programación del PLC. Durante el tercer paso, se desarrolla el código necesario para controlar el proceso utilizando el software de programación del PLC. El código debe ajustarse a los requisitos del sistema para asegurar un control efectivo. Posteriormente, se configura la comunicación entre el PLC y el software de simulación, utilizando los protocolos adecuados para asegurar una integración fluida y eficiente. Esta etapa garantiza que el PLC y el entorno de simulación trabajen en conjunto de manera efectiva.

Paso 5: Integración del HMI y supervisión remota. En el quinto paso, se configura la interfaz de usuario (HMI) para la supervisión y el control remoto del sistema. Se diseña una interfaz intuitiva que permita a los usuarios controlar el sistema desde dispositivos como smartphones, tablets o PCs. Además, se configura la conexión de red, como Wi-Fi, para asegurar que el PLC pueda comunicarse efectivamente con la HMI a través de la red inalámbrica. Esta integración facilita el acceso remoto y la gestión en tiempo real del proceso.

Paso 6: Pruebas y validación. El sexto paso consiste en realizar pruebas unitarias para verificar el funcionamiento de cada componente del sistema por separado, asegurando que cada uno cumpla con sus especificaciones. Tras confirmar el buen estado de los componentes individuales, se procede a la integración y pruebas del sistema completo. Esta etapa incluye la evaluación de la interacción entre todos los elementos del sistema y la realización de ajustes y correcciones basados en los resultados de las pruebas, con el fin de optimizar el rendimiento y resolver cualquier problema detectado.

Caso de estudio.

A continuación, se presenta una descripción detallada de la aplicación del método propuesto para la integración y automatización de un proceso, utilizando herramientas de simulación para el control de un tanque de agua, con un panel de operación tanto físico como virtual.

1. Planificación y diseño del sistema.

El objetivo del caso de estudio es automatizar el llenado y vaciado de un tanque de almacenamiento de agua el cual se presenta en la Fig. 4, asegurando un control eficiente y flexible mediante modos de operación manual y automático.

En el **modo manual**, el usuario tiene control directo sobre el llenado y vaciado del tanque. Para controlar el llenado, el usuario manipula la válvula de llenado utilizando un potenciómetro en el panel local.

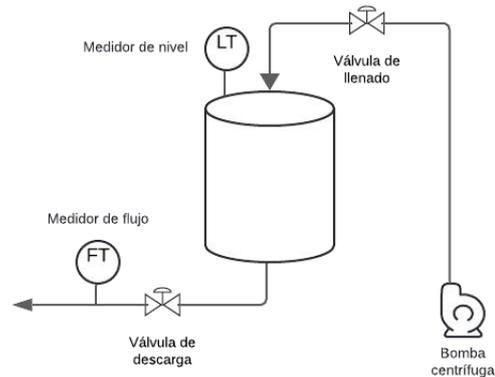


Fig. 4. Diagrama de instrumentos.

La bomba centrífuga se enciende mediante un botón de Inicio, que está configurado como normalmente abierto (NA), y se apaga con un botón de Paro, configurado como normalmente cerrado (NC). El estado de operación de la bomba se indica visualmente en el panel local, proporcionando al usuario una referencia clara de su funcionamiento.

Para controlar el vaciado del tanque, la válvula de descarga puede ser operada manualmente mediante un selector de dos posiciones en el panel local. Esto permite al usuario abrir o cerrar la válvula de descarga según sea necesario. Además, el sistema cuenta con una interfaz HMI (Interfaz Hombre-Máquina) que permite el control remoto de la válvula de llenado y la supervisión del nivel del tanque. El potenciómetro en el HMI ajusta el flujo de llenado, y el nivel del tanque se muestra en un indicador digital en el panel remoto, facilitando así el control y monitoreo del sistema desde dispositivos como smartphones, tablets o PCs.

En el **modo automático**, el sistema gestiona de manera autónoma el ciclo de llenado y vaciado del tanque. Al activar este modo, el tanque comienza a llenarse hasta alcanzar el nivel deseado, el cual puede ser ajustado tanto desde el panel local como remotamente mediante el potenciómetro. Los pulsos generados por el sensor de nivel de agua se utilizan para monitorear el proceso de llenado.

Una vez que el nivel del tanque alcanza el valor preestablecido, la bomba se apaga automáticamente y se enciende una luz indicadora de "Tanque Lleno" en el panel de control. Posteriormente, la válvula de descarga se abre automáticamente para permitir el vaciado del

tanque, y el sensor de flujo de salida monitorea este proceso. Cuando el tanque se vacía hasta un nivel predeterminado, la bomba se enciende nuevamente para reiniciar el ciclo de llenado.

Este ciclo de llenado y vaciado se repite automáticamente hasta que el usuario detiene la operación mediante el botón de paro o cambiando al modo manual. La selección del modo de operación se realiza mediante un selector que permite al usuario cambiar entre el modo manual y automático según sea necesario, garantizando una operación eficiente y flexible que se adapta a las diferentes necesidades y preferencias del usuario.

Tabla 1. Proyecto: Nivel de agua.

Elemento	Función	Dirección
Tanque de almacenamiento	Almacenar el agua del proceso	-
Panel de control local	Permite el control y monitoreo local del proceso	-
Interfaz HMI	Permite el control y monitoreo remoto del proceso	-
Entradas digitales	Función	Dirección
Botón de Inicio	Activa la bomba	0
Botón de Paro	Desactiva la bomba	1
Selector de válvula de descarga	Permite el control local/remoto de la válvula de descarga	2
Salidas digitales	Función	Dirección
Válvula de llenado	Controla la entrada de agua	0
Válvula de descarga	Controla la salida de agua	1
Bomba centrífuga	Regula el flujo de entrada	2
Indicador visual de la bomba	Muestra el estado de la bomba	3
Entradas analógicas	Función	Dirección
Sensor de nivel de agua	Mide el nivel del agua en el tanque	0
Sensor de flujo de salida	Mide el flujo de salida del agua	1
Potenciómetro	Establece el nivel de llenado deseado	2
Salidas analógicas	Función	Dirección
NA	NA	NA

2. Implementación del escenario virtual.

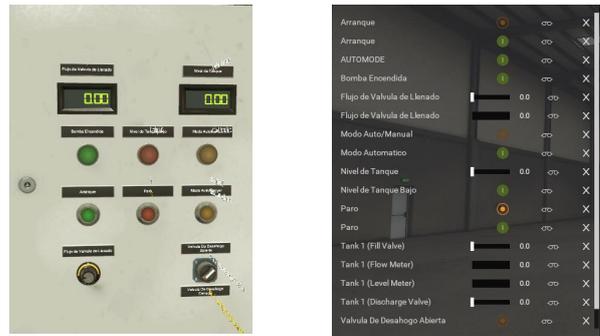
Utilizando el programa Factory IO instalado en la computadora de prueba, se creó un nuevo proyecto en el cual se agregaron y configuraron los elementos presentes en el escenario virtual que se desea automatizar, como sensores, actuadores y el panel de control. Para este caso de estudio, se añadió el tanque de agua desde la biblioteca de componentes, tal como se muestra en la Fig. 5. Este tanque incluye, por defecto, la válvula de carga y descarga, los sensores de nivel del tanque y de flujo de salida, así como la bomba centrífuga.



Fig. 5. Escenario para el control de nivel en Factory IO.

Continuando con el diseño del escenario, se añadió un gabinete de control virtual que incluye un indicador numérico para visualizar el flujo de salida, un indicador

numérico para visualizar el nivel del tanque y tres lámparas indicadoras para mostrar el estado del sistema. Estas lámparas se encenderán cuando la bomba esté en funcionamiento, cuando el nivel del tanque sea menor al 10% y cuando el modo de control del sistema esté en automático. El gabinete también cuenta con dos botones pulsadores, uno normalmente abierto para el arranque y otro normalmente cerrado para el paro, así como un selector de dos posiciones para elegir entre la operación manual o automática de la bomba centrífuga. El diseño y la posición de estos elementos se presentan en la Fig. 6.



a) Elementos del gabinete. b) Configuración de elementos.

Fig. 6. Gabinete de control virtual.

La comunicación entre el PLC y el programa Factory IO se realiza a través del protocolo IP, por lo que es esencial configurar correctamente el controlador en Factory IO. Para ello, en el menú de Driver del programa, seleccione "LOGO Siemens" del menú desplegable. Luego, establezca la dirección IP del PLC conectado a la red, como se muestra en la Fig. 7. En esta ventana, deberá configurar tanto el modelo del PLC como su dirección IP.

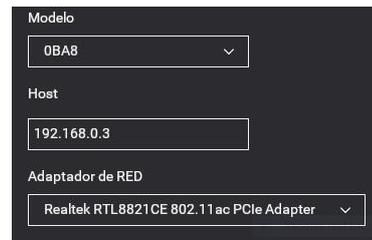


Fig. 7. Configuración controladora para el PLC LOGO Siemens.

Una vez configurado el driver, se procede a enlazar las variables del PLC con las variables de las entradas y salidas en Factory IO, como se muestra en la Fig. 8. Esto permite interactuar y manipular el proceso desde el gabinete de control virtual e interactuar con él.



Fig. 8. Enlace de variables del PLC en Factory IO.

3. Instalación e integración del PLC y panel de operación físico.

Con el objetivo de diseñar un gabinete donde los elementos del presente estudio de caso sean fácilmente visibles, se ensambló un marco de PTR de 3/8 y una hoja de acrílico de 6 milímetros. En este marco se instaló el PLC, un interruptor termomagnético, y otros componentes necesarios para el control del sistema. Todos estos elementos se conectaron según el diagrama esquemático mostrado en la Fig. 9.

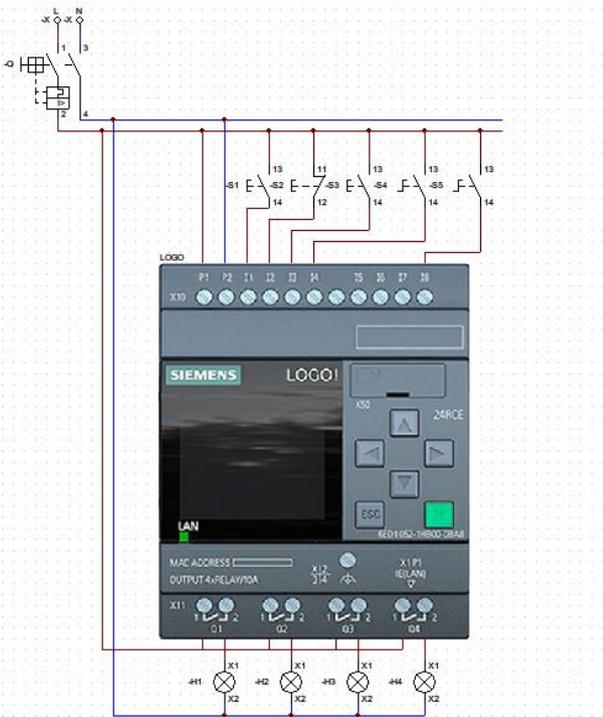


Fig. 9. Diagrama esquemático de conexión PLC-Tablero de control.

Para comprobar la conexión e interacción de los elementos de protección y control del tablero de control, se utilizó el programa CADE_SIMU. Una vez verificada la conectividad de los elementos, se continuó con la fabricación del tablero e instalación del PLC. En la Fig. 10 se presenta el tablero finalizado.

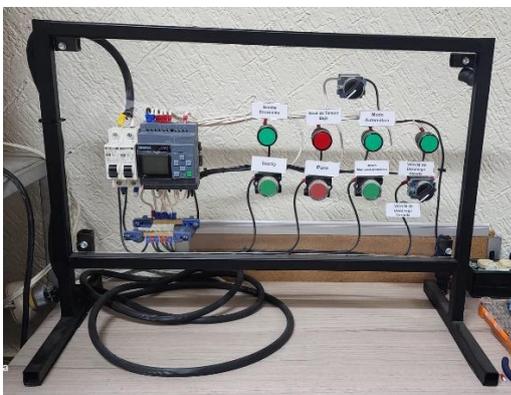


Fig. 10. PLC y Tablero de control.

4. Programación del PLC.

Para establecer la comunicación del PLC tanto con el entorno de programación como con el escenario creado en el programa Factory IO, utilizaremos el protocolo de comunicación Ethernet. Para ello, emplearemos un enrutador de la marca ZTE. Este enrutador cuenta con comunicación Wi-Fi y cinco puertos Ethernet. En este caso de estudio, se utilizará uno de los puertos físicos para conectar el PLC LOGO!, mientras que los dispositivos se conectarán a través del canal Wi-Fi. La dirección IP 192.168.0.3 se estableció manualmente desde el teclado de operación del PLC para permitir el acceso desde una computadora conectada de manera inalámbrica.

Para programar el PLC, primero es necesario configurar y establecer una dirección IP en su entorno de programación, como se muestra en la Fig. 11. Es importante recordar que esta dirección debe coincidir con la configurada en el controlador de Factory IO para asegurar la comunicación entre el PLC y el escenario virtual.

Después de verificar la correcta comunicación entre el PLC y el entorno de programación mediante la descarga de un programa vacío, se procedió a programar el PLC utilizando un algoritmo de control basado en las especificaciones del sistema descritas en el paso 1 de este caso de estudio.

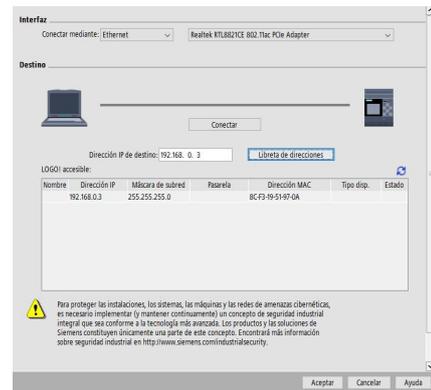


Fig. 11. Ventana de configuración para el controlador en Comfort V8.3.

La Fig. 12 muestra un fragmento del algoritmo programado, diseñado para controlar el sistema creado en el escenario virtual de Factory IO e interactuar con los elementos físicos instalados en el panel de operación.

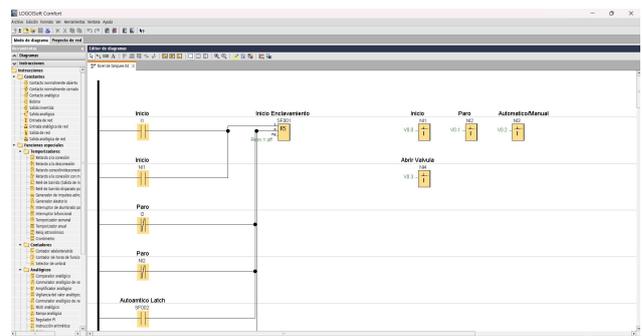


Fig. 12. Fragmento del algoritmo programado.

5. Integración del HMI para la supervisión remota.

Para el diseño e implementación de la HMI, es fundamental que el PLC LOGO tenga instalada una tarjeta microSD, ya que en ella se almacena toda la información necesaria para que la interfaz esté disponible en la red para cualquier dispositivo que lo solicite. Utilizando el programa LOGO! Web Editor, se programó la interfaz, lo que permite la manipulación remota del escenario virtual desde dispositivos móviles u otras computadoras conectadas a la red.

Para el control del escenario, se diseñó el HMI que se muestra en la Fig. 13. Con esta interfaz, los usuarios pueden operar manualmente el encendido y apagado de la bomba centrífuga, así como visualizar el estado del sistema mediante lámparas indicadoras. Estos elementos se comunican con las variables almacenadas y definidas en el programa, proporcionando una retroalimentación en tiempo real sobre el estado del sistema.



Fig. 13. HMI implementada para la supervisión del tanque con Web Editor.

Paso 6. Pruebas y validación.

Para comprobar y verificar el funcionamiento del sistema, se ejecutó su operación en ambos modos: manual y automático. En modo manual, con el tanque vacío, se verificó que el indicador inicial se activara, ya que el nivel del tanque estaba por debajo del 10% de la referencia. A continuación, se evaluaron los actuadores, controlando las válvulas de carga y descarga para asegurar que se abrieran y cerraran correctamente en respuesta a las señales de control. La bomba centrífuga fue encendida y apagada para confirmar su funcionamiento adecuado, y se comprobó que el indicador visual reflejara correctamente el estado de la bomba. Además, se probó el panel de control virtual y física, asegurando que los botones de inicio y paro respondieran correctamente, y que el potenciómetro ajustara el flujo de llenado según lo especificado. La interfaz HMI se probó para asegurar que permitiera el control remoto del sistema y que las modificaciones realizadas desde dispositivos externos se reflejaran correctamente en el sistema.

En modo automático, se cambió el selector a esta posición. La válvula de descarga se cerró y la válvula de carga se abrió al 100%, permitiendo que la bomba centrífuga arrancara y comenzara a llenar el tanque. Cuando el nivel del tanque superó el 10%, el indicador de bajo nivel se apagó. El tanque continuó llenándose y, al alcanzar el nivel establecido mediante el

potenciómetro en el tablero de control, la bomba centrífuga se detuvo. Inmediatamente, se abrió la válvula de descarga y el tanque comenzó a vaciarse. Cuando el nivel alcanzó el 0%, la válvula de descarga se cerró y la bomba centrífuga se encendió nuevamente, reiniciando el ciclo. Por último, se presionó el botón de Paro para detener la operación en automático. Esto se puede analizar en el diagrama de bloques de la Fig. 14.

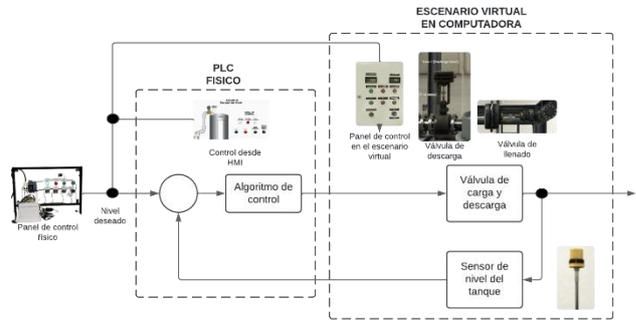


Fig. 14. Representación del funcionamiento en diagrama de bloques.

III. RESULTADOS

En la Fig. 15 se presenta el resultado del sistema construido durante el proceso de aplicación de la metodología. La capacidad de monitorear y controlar el sistema remotamente desde un navegador ofrece una flexibilidad y accesibilidad. Podemos observar como el Host, HMI y el Tablero de Control pueden trabajar de forma continua ya sea en modo virtual o físico, gracias a la comunicación vía Wifi por medio del Enrutador.

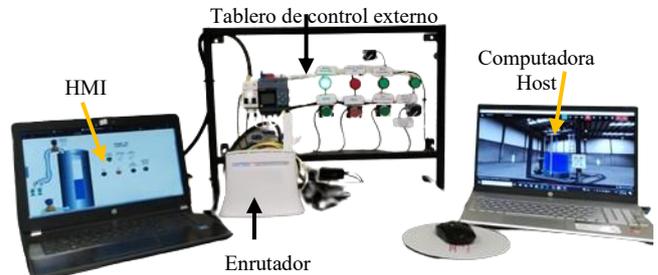


Fig. 15. Elementos del sistema propuesto.

Con la finalidad de mostrar la funcionalidad del sistema construido se solicitó a 40 estudiantes de 7mo y 9no semestre interactuaran y respondieran a las siguientes cuestiones: Facilidad de uso, claridad de la información, interactividad y respuesta, y satisfacción general. Asignado valores de 1 a 4, donde (1) Indica muy insatisfecho y (5) Muy satisfecho, como se muestra en la Fig. 16.

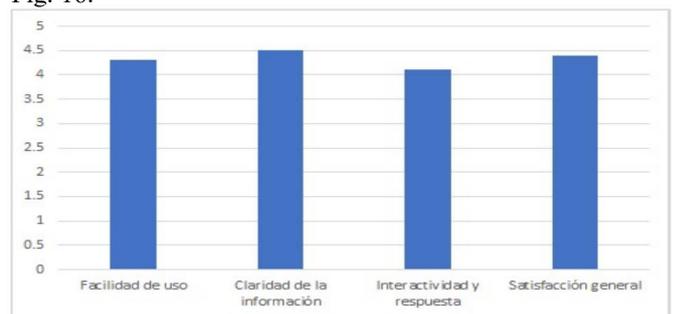


Fig. 16. Resultados de la funcionalidad y usabilidad.

Además, se realizaron 10 pruebas de rendimiento y respuesta en tiempo real de la interfaz HMI, la interfaz mostró una respuesta rápida y efectiva a las interacciones del usuario, con un tiempo promedio de respuesta de aproximadamente 0.5 segundos desde la emisión de un comando hasta la ejecución correspondiente en el sistema. Este tiempo de respuesta ágil facilita un control inmediato sobre las operaciones de llenado y vaciado del tanque, garantizando una operatividad fluida y precisa.

IV. CONCLUSIONES

La integración de LOGO y Factory IO mediante Ethernet representa un avance significativo en la automatización y simulación de procesos industriales. Esta combinación permite verificar la eficacia de la lógica de control en un entorno virtual antes de su implementación en el mundo real, optimizando así el desarrollo y la puesta en marcha de sistemas automatizados. El uso de Factory IO facilita la creación de escenarios personalizados, proporcionando una plataforma segura y flexible para el aprendizaje y la experimentación en automatización industrial.

La metodología propuesta para la automatización de un escenario virtual (MAEV) ofrece un enfoque sistemático para el diseño, implementación y validación de sistemas de automatización. A través de pasos claramente definidos, se garantiza una integración eficiente de componentes físicos y virtuales, asegurando un funcionamiento óptimo del sistema. La aplicación del método en un caso de estudio práctico demuestra su efectividad y utilidad, destacando su potencial para ser adaptado a diversas aplicaciones en el ámbito industrial.

La capacidad del PLC LOGO para comunicarse con otros módulos y dispositivos a través de Ethernet, junto con su compatibilidad con Factory IO, abre nuevas oportunidades para la formación y el desarrollo de prototipos en automatización industrial. Esta integración permite no solo el control y monitoreo eficientes de procesos, sino también la creación de entornos de aprendizaje interactivos y realistas que mejoran la comprensión y habilidades de los estudiantes y profesionales en el campo de la automatización.

REFERENCIAS

- [1] IZARO Manufacturing Technology, «IZARO,» 01 abril 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.izaro.com/la-automatizacion-industrial-aumenta-sus-beneficios-y-sus-campos-de-aplicacion/c-1553687847/>. [Último acceso: 15 marzo 2024].
- [2] Geeks for Geeks, «Geeks for Geeks,» 27 febrero 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.geeksforgeeks.org/plc-programming-ladder-logic/>. [Último acceso: 15 marzo 2024].
- [3] F. González Alfaro, «Siemens,» 2019. [En línea]. Disponible: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:3ebdbea1-16bd-48ef-98a7-7d1bcbab94dc/logo8basicointermedio.pdf>. [Último acceso: 02 abril 2024].
- [4] Electrotecnia, como simular logo de siemens cade-simu v3.0, 2017.

- [5] 2por2, Conexión LOGO 8.3 con PC (LOGOsoft Confort V8.3), 2021.
- [6] Intesla, Comunicación de: LOGO8! con Factory IO, 2017.
- [7] M. Pérez Cabezas, Web Editor LWE del Logo! de Siemens, 2024.
- [8] Siemens, «Industry Siemens,» enero 2022. [En línea]. Disponible: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/807/100782807/att_924633/v1/Help_es-ES_es-ES.pdf. [Último acceso: 20 mayo 2024].
- [9] Gastelum & Gastelum, «Gastelum & Gastelum,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.gastelum.com.mx/00070100-100-8-230rce-mod-log-displ-ales-115v230v-rele-8-ed4-sd-6ed10521fb080ba0>. [Último acceso: 20 junio 2024].
- [10] Factort I/O, Factort I/O, 2024. [En línea]. Available: <https://factoryio.com/>. [Último acceso: 20 junio 2024].

Biografía Autores

Rodríguez Morales Moisés Docente del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez – Unidad Académica Tamazula, Jalisco, C.P 49650 email: moises.rodriguez@tamazula.tecmm.edu.mx Maestría en Ingeniería en Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán. Docente del departamento de Ingeniería en Electromecánica.

Bañuelos Amezcua Ulises Docente del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez – Unidad Académica Tamazula, Jalisco, C.P 49650 email: ulises.banuelos@tamazula.tecmm.edu.mx Maestría en Ingeniería en Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán. Docente del departamento de Ingeniería en Electromecánica.

Venegas Moreno Juan José Docente del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez – Unidad Académica Tamazula, Jalisco, C.P 49650 email: jose.venegas@tamazula.tecmm.edu.mx Maestría en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica egresado del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN – Unidad Guadalajara. Docente del departamento de Ingeniería en Electromecánica.

Hernández Martínez José de Jesús Docente del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez – Unidad Académica Tamazula, Jalisco, C.P 49650 email: jose.hernandez@tamazula.tecmm.edu.mx Maestría en Ingeniería en Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán. Docente del departamento de Ingeniería Electromecánica.

González Vázquez Luis Gabriel Docente del Docente del Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, C.P 49100 email: luis.gv@cdguzman.tecnm.mx Maestría en Enseñanza de las Ciencias egresado del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán. Docente del departamento de Ingeniería Industrial.