



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

DISEÑO Y SIMULACIÓN PARA EL CONTROL DE PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE SELLADO DE BOLOS MEDIANTE UN ENTORNO VIRTUAL

**DESIGN AND SIMULATION FOR THE PRODUCTION
CONTROL OF A BAG SEALING MACHINE USING A
VIRTUAL ENVIRONMENT**

Hernan Vinicio Morales Villegas

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Luis Angel Alban Moncada

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Daniel Alejandro Bonifaz Montenegro

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Elian Fernando Cuñez Olalla

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Willian Patricio Tigasi Guamanagte

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15165

Diseño y Simulación para el Control de Producción de una Máquina de Sellado de Bolos Mediante un Entorno Virtual

Hernan Vinicio Morales Villegas¹hvmorales@espe.edu.ec<https://orcid.org/0000-0001-8211-12385>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga-Ecuador**Luis Angel Alban Moncada**laalban3@espe.edu.ec<https://orcid.org/0009-0009-3347-2411>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga-Ecuador**Daniel Alejandro Bonifaz Montenegro**dabonifaz3@espe.edu.ecUniversidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga-Ecuador**Elian Fernando Cuñez Olalla**efcunez@espe.edu.ec<https://orcid.org/0009-0008-4927-9053>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga-Ecuador**Willian Patricio Tigasi Guamanagte**wptigasi@espe.edu.ec<https://orcid.org/0009-0003-0205-2664>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga-Ecuador

RESUMEN

En el presente trabajo se detalla el proceso de producción de sellado y llenado de bolsas de agua para una industria por medio del software TIA PORTAL haciendo uso del PLC S7-1500 AC/DC/RLY, así como una interfaz virtual realizada en UNITY 3D que permita visualizar el desarrollo del proceso en tiempo real, y conexión IOT para el registro de tiempos de producción y supervisión del sistema. El trabajo se desarrolla mediante programación “Ladder”, con pulsadores de “INICIO” y “PARE” como los periféricos principales de entrada, sensores analógicos y digitales para la supervisión del proceso, como también actuadores rotatorios y lineales que actúen en sus diferentes etapas. El proyecto cuenta con una interfaz de usuario para su respectivo monitoreo, finalmente la virtualización del proceso es realizada bajo la importación de la planta hecha en un software CAD. Este proceso está enfocado para mayor eficiencia y control en la producción industrial, de esta manera asegurando un proceso continuo, seguro y optimizado.

Palabras clave: sellado, visualización, control, industrial

¹ Autor principal

Correspondencia: hvmorales@espe.edu.ec

Design and Simulation for the Production Control of a Bag Sealing Machine Using a Virtual Environment

ABSTRACT

In this work, the production process of sealing and filling water bags for an industry is detailed using the TIA Portal software with the PLC S7-1500 AC/DC/RLY, as well as a virtual interface developed in Unity 3D to visualize the process in real-time. The project includes IoT connectivity for recording production times and system supervision. The process is implemented through "Ladder" programming, with "START" and "STOP" push buttons as the main input peripherals, along with analog and digital sensors for process monitoring, as well as rotary and linear actuators operating in various stages. The project features a user interface for monitoring, and the process virtualization is carried out by importing the plant design from CAD software. This approach focuses on improving efficiency and control in industrial production, ensuring a continuous, safe, and optimized process.

Keywords: sealing, visualization, control, industrial

Artículo recibido 02 octubre 2024

Aceptado para publicación: 12 noviembre 2024



INTRODUCCIÓN

La etapa de llenado es de suma importancia para cualquier proceso con un fin comercial, sin importar el fluido que se esté produciendo, debido a que un buen diseño de una estación de llenado permite aprovechar al máximo el producto elaborado por la planta y del mismo modo poder tener un mejor volumen de producción, minimizando los desperdicios debido a la falta de precisión de los elementos que componen la tecnología actualmente usada por las industrias y aumentando la velocidad de la línea de producción, dando así como resultado mayor volumen por unidad de tiempo del producto final.(Salcedo Castaño & Gómez Tangarife, 2012). A nivel mundial los procesos de envasado de agua son automáticos esto debido a factores como: alta demanda de producción, costos de producción, precios competitivos, cantidad exacta, libre de contaminantes, entre otros. En la empresa SUPER 33 4X4 este proceso se realiza de forma semi automática por medio de la máquina envasadora y selladora de fundas de agua. Sin embargo, la máquina presenta una serie de defectos de diseño, que no permiten un sellado adecuado, han sido varios los intentos por poner a punto la máquina sin ningún éxito. Por esta razón de momento no se encuentra en funcionamiento, razón por la cual gran parte de sus componentes mecánicos y eléctricos están averiados.(Holguín & David, 2022)

Las empresas en Ecuador, buscan la independencia y automatización de alguna tarea en específico con el fin de aumentar su producción. Para garantizar la calidad del producto, generar un bajo impacto ambiental y reducir costos en insumos y materia prima se hace necesario realizar un estudio de mantenimiento avanzado aplicando la táctica RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad). Adicionalmente se busca garantizar el mejor 3 rendimiento de las máquinas, aumentar el conocimiento sobre los equipos y mejorar la seguridad en la operación, todo esto con ayuda del análisis de los modos, efectos, causas y criticidades de las fallas.(Martinez, 2017).

Un controlador lógico programable o también conocido en el mundo de la automatización por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), conocido como una computadora, pero mucho más compacta diseñada para ser utilizada en ambientes industriales donde es necesario equipos robustos que permitan controlar procesos automáticos, tales como control de maquinaria en una línea de montaje o líneas de producción de alimentos(Borbor Guerrero, 2023)



La necesidad de responder con flexibilidad a la diversificación de productos y a las posibles fluctuaciones en la demanda de estos, origina la necesidad de obtener una respuesta lo más rápida posible, y por tanto lograr arranques en las líneas de producción acelerados. Por ello, uno de los aspectos de la robótica que ha ido adquiriendo cada vez más importancia a lo largo de los años, se centra en el proceso previo a la fabricación de la línea robotizada, la simulación de esta. Una simulación que trate de mostrar lo más fiel posible el robot que se pretende diseñar y la tarea para la cual ha sido enmendado.(Vallcanera, 2022)

METODOLOGÍA

Por medio de datos porcentuales, se conoce que Ecuador en 2023 el 55.8% de la población expresó su deseo por emprender, superando el promedio de América Latina del 46.3% (CMS, s. f.) y con una tasa del 36.9% en cuanto a emprendimientos creados o sostenibles, aunque muchos son repetitivos (Feijó-Cuenca et al., 2023) esto puede resultar en una oportunidad para gestionar nuevos procesos o productos capaces de dar competencia en el campo comercial.

La producción y venta de bolos (bebidas refrescantes en fundas) es un mercado popular que se ha movido tanto de forma casera como industrial (por ejemplo: Bonice, Kings'cream, Charles, etc), no obstante, algo común que se ha observado en la producción en masa de estos, es que, las máquinas no cuentan con un registro de la producción en tiempo real capaz de identificar fallas como productos aplastados, con fugas o sin contenido.

Para el desarrollo del proyecto se identificaron los requerimientos óptimos en cuanto a innovación y facilidad de diseño por medio de revisión bibliográfica recopilada, para ello se consideró la tabla 1:

Tabla 1: Requerimientos

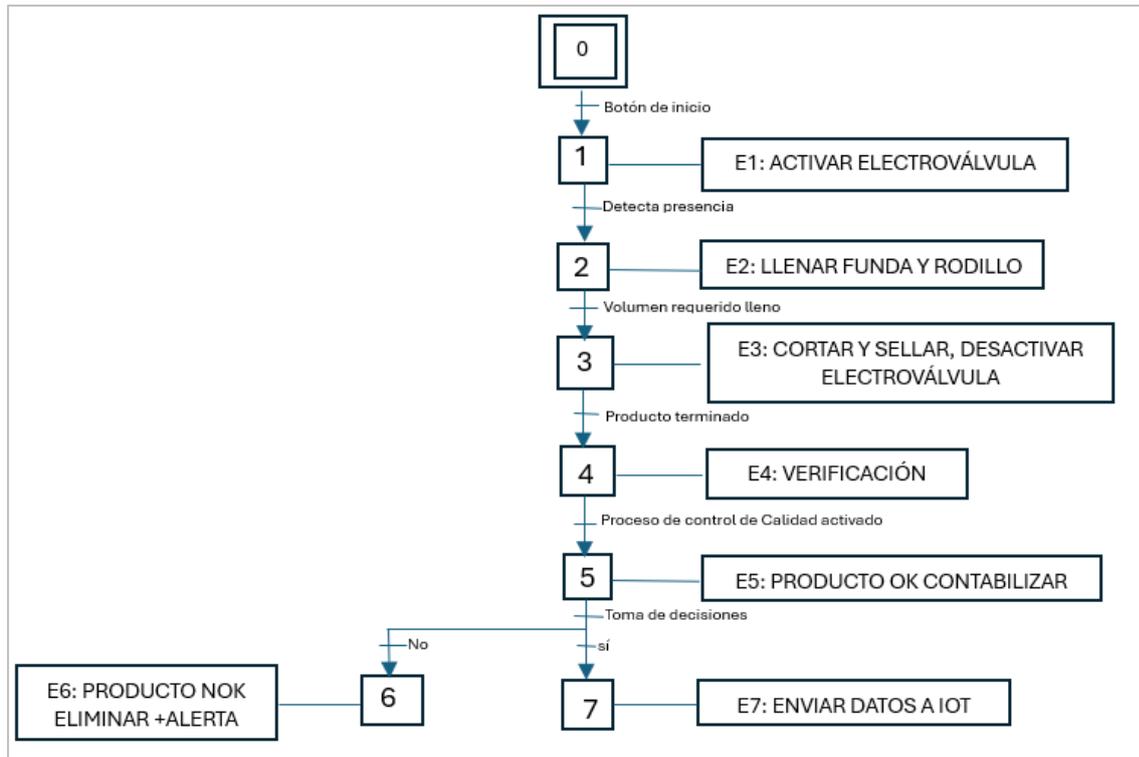
Número	Requerimientos
1	Sistema de control mediante PLC
2	Conteo de producción por IOT
3	Detector de errores en la producción
4	Interfaz HMI
6	Sistema de llenado y sellado de fundas
8	De bajo costo

Por lo que se propone la siguiente propuesta de diseño:

- Sistema de control

El proceso de control requiere una etapa de llenado, sellado, conteo y control de calidad, esto permite gestionar un diagrama capaz de resumir el funcionamiento de la máquina. Ver ilustración 1:

Ilustración 1: Diagrama Grafset

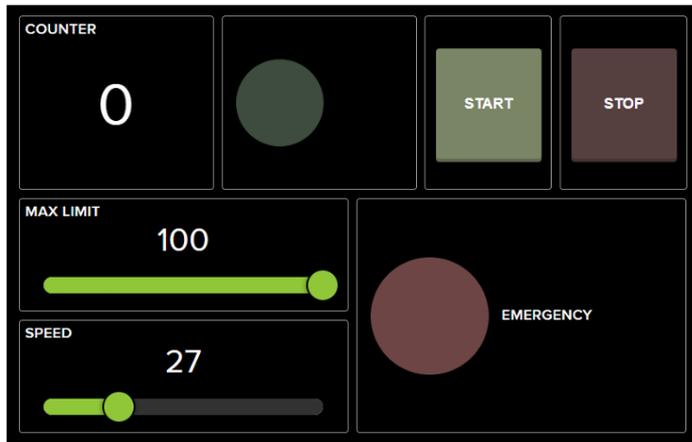


Para llegar a esto, se hace uso de un PLC como elemento principal de control, dado a que el proceso es simulado se precisó el PLC S7-1500 por su afinidad y robustes para conexión con IOT.

- Producción con IOT

Para conocer y registrar la producción y detección de fallas de forma remota, se hace uso de un modulo virtual IOT comunicada con Node-red, esto es ventajoso porque el operador podrá ser capaz de visualizar la productividad de su empresa 24/7. La señal que registra el PLC es enviada gracias a un router y una pasarela a una interfaz visual conocida como Thingboard, el proceso también es capaz de receptar alguna instrucción como parar la máquina o poner en funcionamiento.

Ilustración 2: Entorno IOT producido en Thingboard



Como se puede observar en la ilustración 2, se presentan dos botones principales de inicio y paro, un indicador de inicio de color verde y uno de emergencia para alertar fallos en la producción de color rojo, en la esquina superior izquierda se precisa el contador de productos y abajo una interfaz de control para saber cuanto querer producir al día, así como también un regulador de velocidad enfocado en la visualización del entorno virtual

- Detección de errores:

La detección de errores dentro de la simulación se lo realiza de forma controlada, se presenta por medio de una señal digital que, al entrar en el estado de 1, manda una señal de emergencia al sistema IOT para que el operador decida si parar o no la producción, en caso de no dar una respuesta pronta la producción parará por completo con el fin de evitar pérdidas o el deterioro de la máquina. Así mismo cuenta con una interfaz HMI en caso de que se encuentre presente un operador cerca de la máquina y pueda evaluar la situación.

- HMI:

En el proceso de producción se requiere que la planta tenga un límite de lotes producidos dado a que cada cierto valor debe empaquetarse el producto para la distribución comercial, del mismo modo, hay que considerar el hecho de que para vender un producto hay que verificar su calidad, así que, se espera ubicar un proceso de gestión de calidad con el fin de revisar el estado del producto al salir de la empresa.

En fin, se tendrán entonces para el HMI:

1. Protocolo de seguridad con acceso por contraseña, lo que permitirá que solo personal calificado modifique y visualice cambios en la interfaz, además de proteger información confidencial de la empresa, evitar posibles negligencias y actuar ante emergencias.
 2. Conteo de la producción para el registro periódico y análisis de datos mensuales enviados a una base remota por medio de IOT, lo que favorecerá conectar la comunicación entre el departamento de gestión con el de producción y desarrollo para así predecir cambios con el fin de tomar decisiones al instante.
 3. Botones de inicio y fin de la producción para así iniciar procesos, registrar el inicio y fin de una jornada laboral parar la producción ante fallas y reiniciar el sistema
 4. Detector de fallas por lotes para la gestión de calidad, detener errores y minimizar pérdidas de la producción.
 5. En el HMI se podrá visualizar el proceso de sellado de la planta, la producción, el reinicio de esta, detección de errores y seguridad para el operador, esto se logrará mediante la interfaz de usuario que proporciona Tia Portal.
- Sistema de llenado y sellado de fundas

Por medio de información bibliográfica se conocieron diversos métodos de enfundado (empaquetado de fluidos), unos más complejos que otros y en función de eso, su fabricación y complejidad de control aumenta el costo de su implementación, no obstante, dentro de todos estos procesos se encontró uno que simula el mecanismo simple de sellado tradicional manual que consiste en pasar por una tubería de acero inoxidable una funda tipo tubular la cual por medio de rodillos permita el paso de las fundas a una etapa de calentamiento que sella y divide cada bolo producido.

Las normas ISO 22000, enfocadas en el sector alimenticio establecen que las máquinas destinadas a producir alimentos (en este caso bebidas) deben ser de materiales no tóxicos para el ser humano, para este caso, se pretende realizar en acero inoxidable.

Las partes principales para la máquina se dividen en:

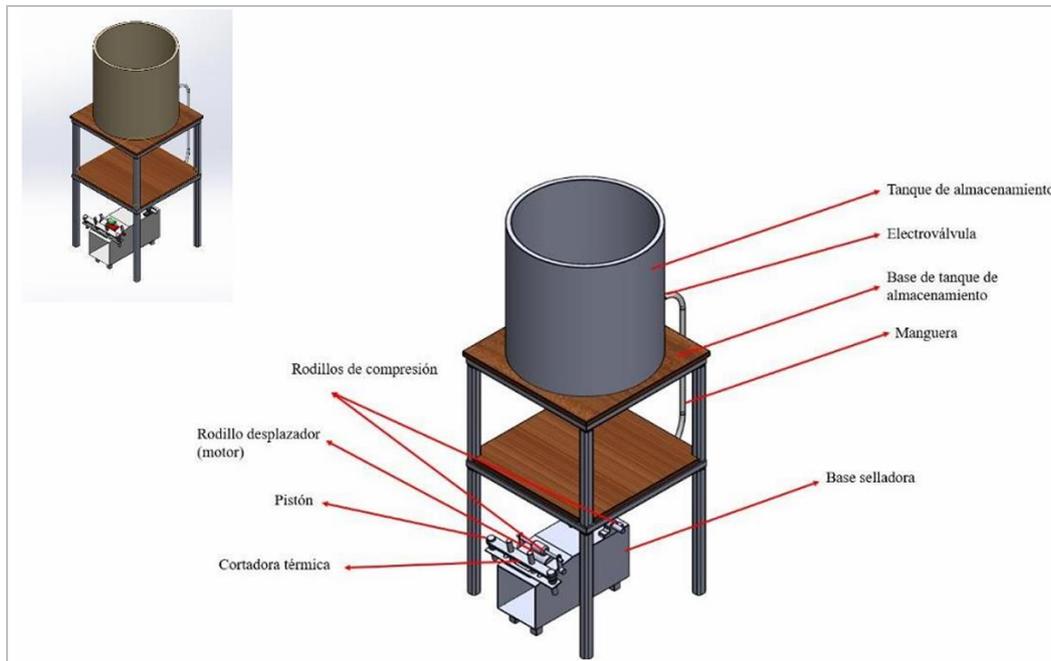
- Depósito
- Llenado
- Sellado y corte



- Control de calidad y conteo

Entonces, la ilustración 4, guarda el siguiente sistema:

Ilustración 3: Sistema de empaquetado de líquidos (parte mecánica)



Para la parte del diseño mecánico se hizo uso del software Solidworks, junto con su biblioteca normalizada de piezas para tratar de mantener el criterio de modularidad.

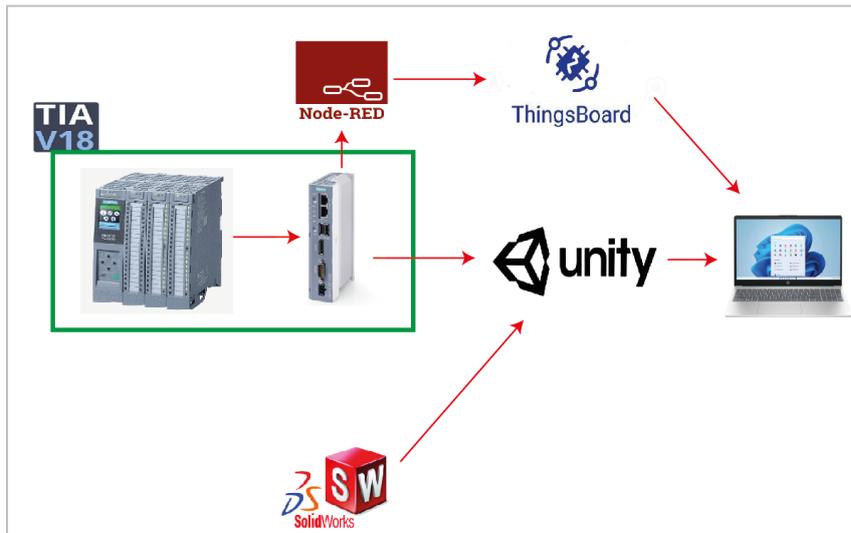
- Costo

Al ser un entorno simulado, la inversión del proceso no resulta un problema, sin embargo, su implementación si puede llegar a presentar un valor relativamente alto debido a que se debe realizar en acero inoxidable por normativa de alimentos, y por la adquisición de su autómata programable

- Simulación

Para poner en funcionamiento el proyecto se hace uso de la virtualización por Unity el cual permite importar el modelo mecánico y generar la comunicación con un PLC virtual gracias a una dirección IP junto con PLCsim, es decir, conectando cada parte del proyecto (control, electrónica y mecánica) en un solo proceso, como se puede ver en la ilustración 5.

Ilustración 4: Conexión de los sistemas de control, mecánico y electrónico para su virtualización en Unity

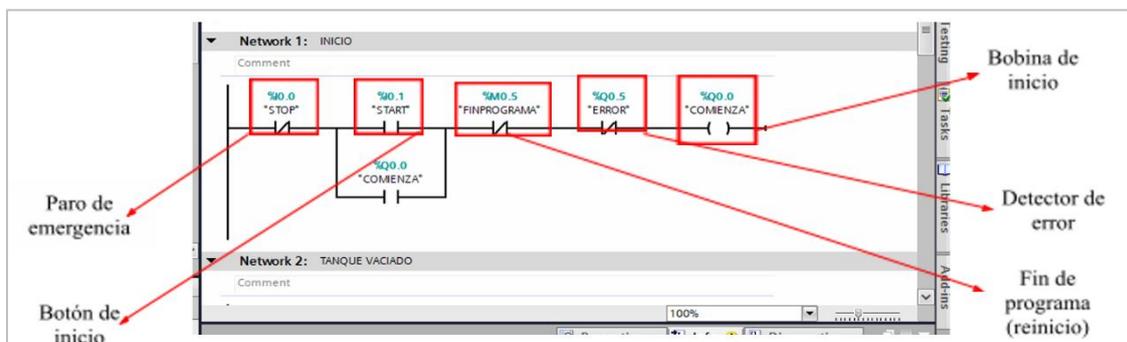


En la ilustración, se entiende que en el computador, se podrá ver tanto la simulación de unity como los resultados obtenidos en thingsboard, así mismo, como Unity y thingsboard se comunican con el PLC virtual, se podrá acceder a la interfaz de usuario programadas.

Desarrollo

Como primer paso, se crea un nuevo proyecto donde se define el PLC a trabajar, en este caso, el S7-1500 con sus módulos de entrada y salida digitales, al terminar de hacer eso, se configura l dirección IP del computador y del PLC con el fin de que no colisionen y existan problemas en la comunicación. Una vez configurado todo lo pertinente a la comunicación se procede a realizar la programación, la cual se la establece de la siguiente forma: Se genera el Ladder que dé el funcionamiento de los actuadores, el inicio, el paro, el detector de errores y las entradas, se lo hace mediante el “Main” del “program blocks” y a cada variable se le asigna un nombre específico como se puede observar en la ilustración 5.

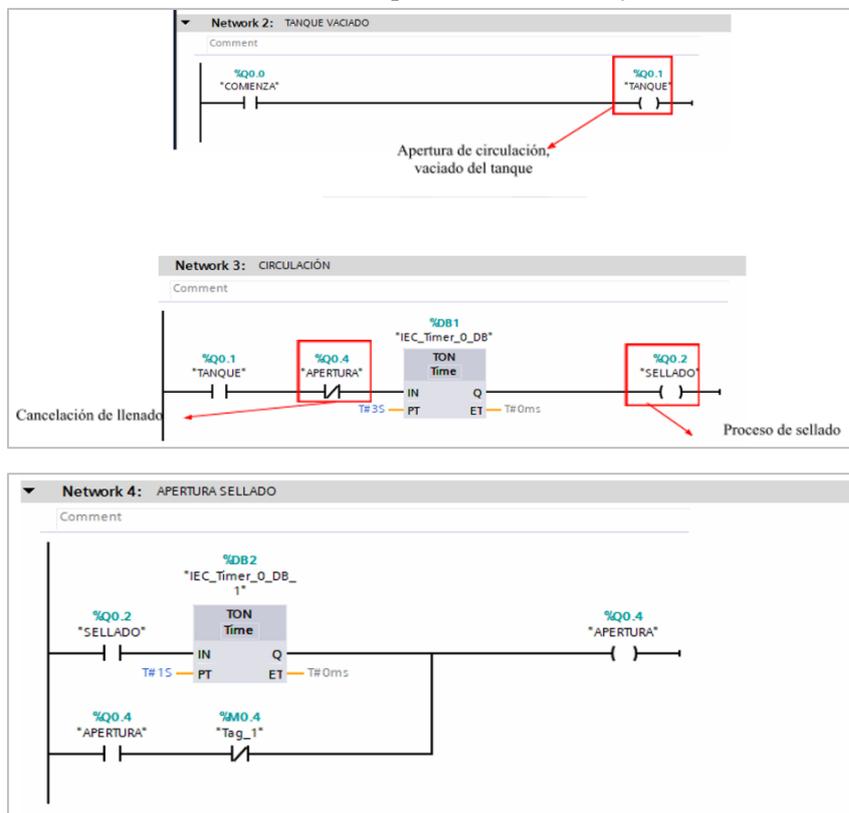
Ilustración 5: Inicio de secuencia en Ladder



Así mismo, para seguir con la secuencia del proceso se programa el funcionamiento alternante entre el sellado y la circulación del fluido, con el fin de que no existan traslapes y se desperdicie el contenido.

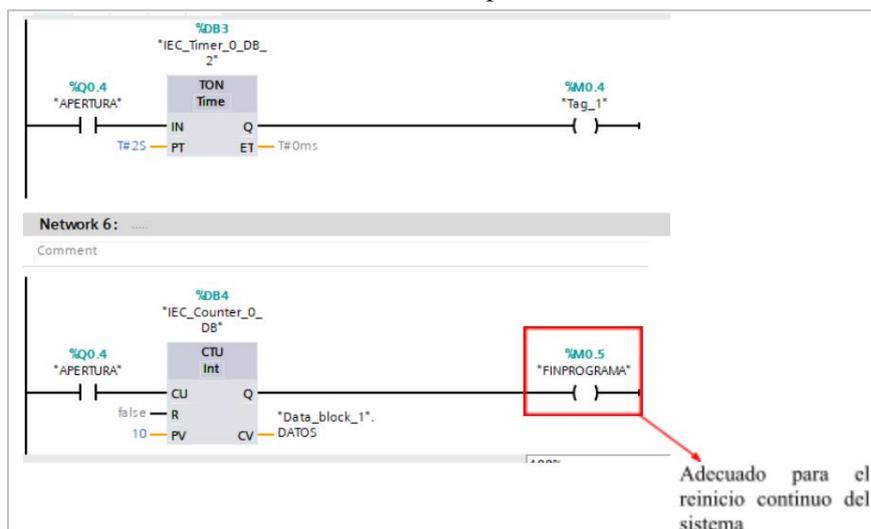
Ver ilustración 6

Ilustración 6: Alternancia entre proceso de llenado y sellado



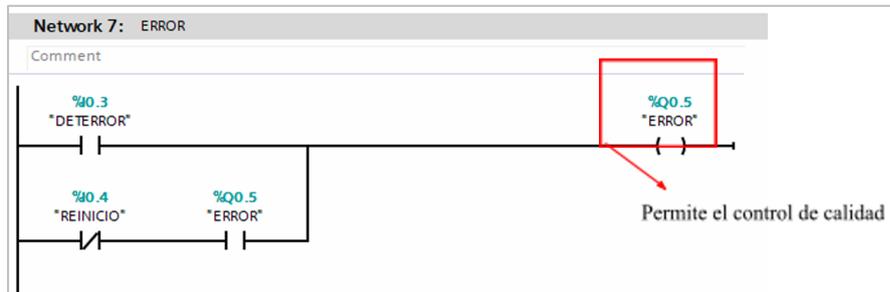
Como se puede configurar la cantidad de producto que se procesa para entrar a una etapa de empaquetado y distribución, entonces se genera una condición de reinicio del conteo, así se asegura uniformidad en las porciones de productividad preestablecidas. Ver ilustración 7.

Ilustración 7: Reinicio del contador de producción



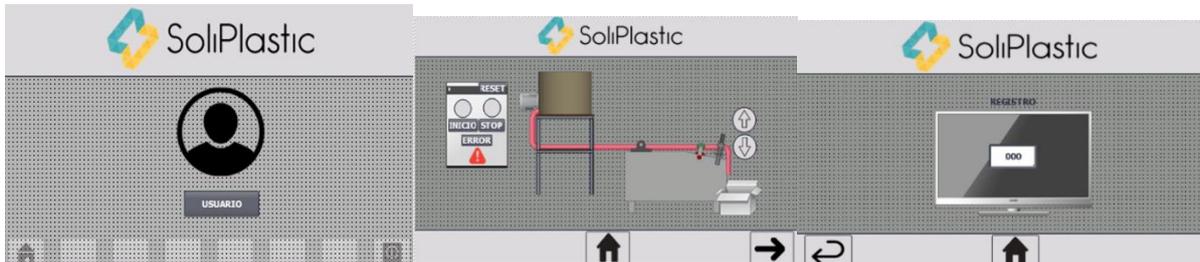
A continuación, con el objetivo de continuar con la secuencia de trabajo, se pretende realizar una condición de alarma cuando se detecta anomalías como control de calidad. Ver ilustración 8

Ilustración 8: Alerta de control de calidad



Por otra parte, el HMI presenta 3 pantallas, una principal de acceso con el nombre de la máquina y un acceso de usuario tanto para operador como para un gerente o administrador, esto, con el fin de que uno pueda dedicarse a conocer el estado del proceso, y sus posibles fallos y el otro, tener control total de toda la producción de la máquina y evitar posibles sesgos en la cantidad de productos que se generan al día, la ilustración 9 muestra cómo se encuentra distribuida:

Ilustración 9: Pantallas del HMI



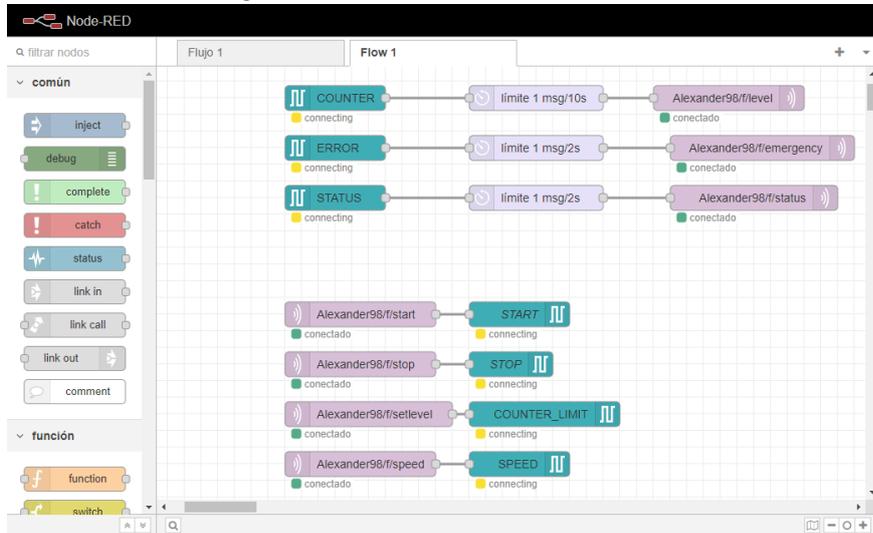
Definición de la programación en el PLC

Para empezar a generar la comunicación con IOT se debe ingresar desde la pasarela y activar el programa Node-Red en caso de no tener al módulo IOT conectado se considera ingresar a la interfaz por medio del comand Windows con la instrucción “node-red” la cual a continuación enviará una dirección IP, al ingresar se abre el siguiente entorno.

Dentro de la programación se procede a desactivar el acceso optimizado para la reducción de recursos ocupados en el ordenador, también se debe permitir el acceso Put/Get sin embargo, esto se lo realizó con anterioridad por lo que no hace falta. Se realiza la inserción de dos datos, un led y un contador, donde se podrá observar la producción de la planta, las variables se convirtieron al formato permisible

del entorno gracias a una tabla de conversión que node -red dispone, las conexiones del sistema se presentan en la ilustración 10.

Ilustración 10: Programación en Node-red



Una vez realizado la comunicación entre el PLC y el Node-red se pretende enviar su información a una interfaz de usuario remota por medio del sitio web Thingboard, obteniendo como resultado la ilustración2.

En el caso de la virtualización y simulación de la planta de producción de bolos, se hace uso de Unity el cual toma como referencia de la máquina al modelo generado en Solidworks presentado en la ilustración 3, importado a un entorno base predeterminado gracias a la herramienta unity asset store seleccionando a un ambiente predefinido similar a una empresa, como se observa en la ilustración 11.

Ilustración 11: Entorno virtual predeterminado



Para crear la perspectiva de primera persona, primero hay que crear una cápsula en la parte de escenas y modificar sus parámetros, de la misma forma crear un script el cual tendrá la programación y los

movimientos que se efectuará. Con esto se obtiene un entorno acorde y muy semejante a un proceso industrial el cual contiene una máquina selladora de bolis. Ver ilustración 12.

Ilustración 12: Selladora de bolos en el entorno virtual



Finalmente se colocaron señalizaciones generales para la distribución y seguridad que se estandariza en el entorno. Ver ilustración 13.

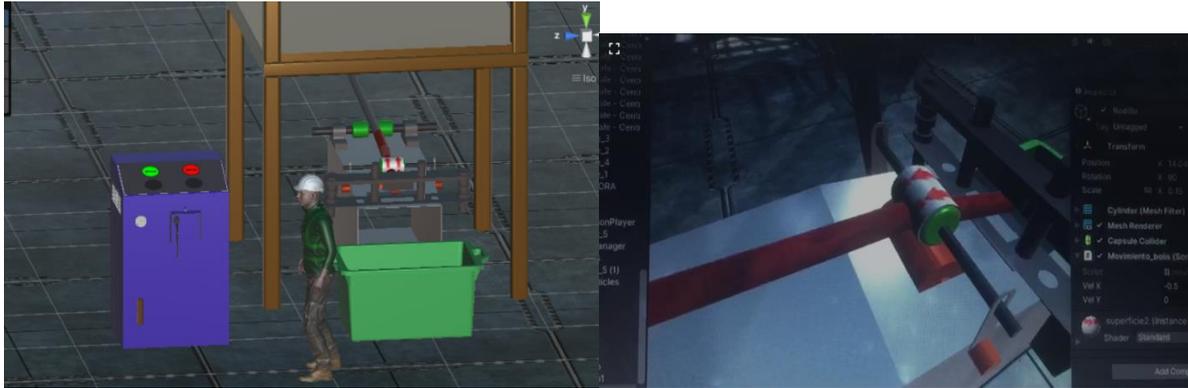
Ilustración 13: Señalización de normas y seguridades



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo genera de manera óptima la simulación en tiempo real de la producción de sellado de bolos tanto en primera como en tercera persona (ver ilustración 14), en conjunto con su envío y recepción de datos en su HMI y la interfaz IOT aunque por el uso de varios programas los recursos de procesamiento del computador son bastante considerables

Ilustración 14: Simulación en primera y tercera persona



El desarrollo del proceso industrial de llenado y sellado de líquido permite la visualización precisa y la optimización en tiempo real, facilitando así la mejor continua del proceso. Además, ofrece una fácil manipulación y comunicación con los controladores lógicos programables alcanzando una perspectiva más clara acerca de la industria 4.0 y el internet de las cosas (IoT).

La interfaz de usuario sigue las instrucciones de arranque y paro correctamente, esto se debe dado al uso de memorias que permiten compatibilizar la información que envía el HMI al PLC, la información de igual forma se envía en tiempo real por medio del módulo IOT a un servidor web, el cual logra gracias al Node-red, interpretar la información e integrarla a una interfaz remota, aquí se mostraría la producción generada cada vez que el ciclo termina correctamente, en caso de no concluir bien, el sistema no lo cuenta y se genera una pérdida.

La implementación del IoT para el control de procesos industriales representa aprovechar al máximo la conectividad de dispositivos y sensores, debido a que estos permiten la recopilación de datos en tiempo real y su análisis para tomas decisiones informadas y rápidas. Esta capacidad de monitoreo y control remoto no solo mejora la eficiencia de la productividad, sino que también abre nuevas oportunidades para la optimización de procesos y la innovación en la producción industrial.

CONCLUSIONES

El uso de simulaciones virtuales y entornos inmersivos fortalece la adopción de los principios de la Industria 4.0. Estas herramientas no solo enriquecen la experiencia del operador al permitir una mejor comprensión del proceso, sino que también contribuyen a innovar en la forma de diseñar, controlar y supervisar plantas industriales de manera más sostenible y avanzada.

La integración del PLC, el IoT y la interfaz HMI ofrece un monitoreo continuo y preciso. La comunicación en tiempo real entre estos componentes asegura que las fallas sean detectadas oportunamente, facilitando decisiones rápidas y minimizando pérdidas en la producción.

La implementación del IoT en el sistema proporciona una ventaja crucial al permitir la recopilación de datos en tiempo real y su envío a una interfaz remota. Este enfoque facilita la supervisión constante y la toma de decisiones rápidas, minimizando las pérdidas y potenciando la productividad mediante análisis más detallados y proactivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Borbor Guerrero, D. S. (2023). *Diseño y simulación del proceso automatizado de envasado vertical utilizando un PLC para productos alimenticios granulados*. UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA.

CMS, A. (s. f.). *Los 5 países de la región con mayor tasa de actividad emprendedora*. Forbes Ecuador. Recuperado 21 de noviembre de 2024, de <https://www.forbes.com.ec/rankings/los-5-paises-region-mayor-tasa-actividad-emprendedora-n55118>

Escobedo Orcohuarancca, A. O. (2019). Diseño de maquina selladora de bolsas en una línea de producción. *Repositorio Institucional - UTP*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/8685>

Feijó-Cuenca, P., Ceular-Villamandos, N., Navajas-Romero, V., Feijó-Cuenca, T., & Quiroz-Peñarrieta, I. (2023). El comportamiento emprendedor y la innovación: Un análisis descriptivo en Ecuador. *593 Digital Publisher CEIT*, 8(3), Article 3. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.3.1823>

Holguín, Q., & David, A. (2022). *Repotenciación de Máquina Automática Envasadora y Selladora de Fundas de Agua*.

Martinez, D. A. L. (2017). *APLICACIÓN DE LA TACTICA DE MANTENIMIENTO BASADA EN CONFIABILIDAD (RCM) EN LA LINEA DE PRODUCCION DE AGUA EN*. Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas.

Salcedo Castaño, A. F., & Gómez Tangarife, J. A. (2012). *Diseño máquina llenadora para planta de mieles del sena*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE.



- Vallcanera, G. R. (2022). *Interfaz inmersiva en realidad virtual para el control de una planta automatizada*. Universidad de Alicante.
- Quinapallo Casa, C. M. (2024). Diseño y simulación de un prototipo semiautomático para sellado de queso al vacío para la Unidad de Innovación de Lácteos de la Universidad Politécnica Salesiana ubicada en el cantón Cayambe provincia de Pichincha [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26780>
- Jiménez-Mena, C. (2017). *Propuesta de control para máquina cortadora y selladora*. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10376>
- Bravo Morocho, J. R., & Mise Cofre, S. I. (2024). *Diseño y Simulación en Factory I/O de un proceso automatizado de limpieza, llenado y sellado de botellones de agua purificada* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27739>
- Mendoza Zambrano, K. A., & Larco Gómez, A. (2021). *Diseño y automatización del proceso de sellado de fundas plásticas y monitorización de producción en tiempo real* [Thesis, ESPOL.FIEC.]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56828>
- Content.pdf*. (s. f.). Recuperado 21 de noviembre de 2024, de <https://repositoriobe.espe.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fcff3948-125a-48fa-84a7-eccb8b7f0860/content>
- Chango Toapanta, Y. M., & Muzo Guañuna, F. A. (2024). *Diseño y simulación de una de máquina automatizada para llenado y sellado de botellas de cerveza artesanal* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27201>
- Vera Angamarca, S. A., & Granizo Jara, E. F. (2018). *Diseño y simulación de un SCADA industrial para la supervisión y control de una línea de producción de aditivos para combustible* [bachelorThesis, Espol]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/47544>
- Alpala Barahona, C. A., & Montenegro Cuaran, J. A. (2022). *SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE LLENADO, SELLADO Y ETIQUETADO DE LECHE BOVINA EN EL MUNICIPIO DE CUMBAL* [Thesis, AUNAR]. <http://repositorio.aunar.edu.co:8080/xmlui/handle/20.500.12276/1272>

Sivincha Mitma, V. P. (2016). Diseño y simulación de una máquina cortadora de vidrio controlada por PLC Siemens S7-200. *Repositorio Institucional - URP*.

<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3356>

Agudelo Agudelo, A. A., Martínez Martínez, E., & Muñoz Moreno, E. (2013). *Re-diseño de una selladora de empaques plásticos para optimizar el proceso de producción*.

<https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/104>

Herrera Bellodas, E. D., & Lumbres Álvarez, R. S. (2018). Diseño de una máquina vertical empacadora, dosificadora y selladora de accionamiento mecánico – neumático controlado por un PLC para fundas de arroz. *Repositorio Institucional - USS*.

<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4414>

Barragan Barragan, A. R. (2024). *Diseño y simulación de un envasador automático para diferentes frutas deshidratadas* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27081>

