

**Sistema remoto para monitoreo de operación en plantas de envasado mediante
aplicación móvil**

Carlos Iván Tibaduiza Silva

Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en automatización industrial

Director

**Kelly Johanna Niño Sandoval
Especialista en Automatización Industrial**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga
División de Ingenierías y Arquitectura
Especialización en Automatización Industrial**

2024

Contenido

Introducción	6
1. Sistema remoto para monitoreo de operación en plantas de envasado mediante aplicación móvil	7
1.1 Identificación de la problemática	7
1.2 Justificación.....	7
1.2.1 ¿Qué ha llevado a la identificación del problema?	7
1.2.2 ¿Qué se necesita?	7
1.2.3 Alcance	8
1.3 Objetivos	8
1.3.1 Objetivo general.....	8
1.3.2 Objetivos específicos	8
2. Marco de referencia.....	9
3. Metodología	11
3.1 Definición de tecnologías.....	11
3.2 Programación del PLC	12
3.3 Simulación.....	12
3.4 Creación de la base de datos	13
3.5 Conexión con NODE-RED	15
3.6 Interfaz Gráfica	16
4. Resultados	17
5. Discusión.....	21
6. Conclusiones	21

Referencias.....	22
------------------	----

Lista de figuras

Figura 1. <i>Lectura de señal analógica</i>	12
Figura 2. <i>Simulación del proceso</i>	13
Figura 3. <i>Diagrama Entidad-Relación</i>	14
Figura 4. <i>Flujo en NODE-RED</i>	15
Figura 5. <i>Conexión a MySQL</i>	17
Figura 6. <i>Pantalla General</i>	18
Figura 7. <i>Pantalla de Tendencias</i>	19
Figura 8. <i>Pantalla de Alarmas</i>	20

Resumen

Este proyecto se centra en el desarrollo de un sistema de monitoreo remoto para procesos de envasado, con el objetivo de proporcionar a los usuarios acceso inmediato y en tiempo real a la información crucial sobre la producción. Se ha desarrollado una aplicación móvil utilizando Flutter que permite la visualización de datos de producción almacenados en una base de datos MySQL alojada en la nube. La comunicación con el PLC se establece a través de NODE-RED, lo que permite la integración fluida de datos entre la simulación del proceso y la aplicación móvil. La aplicación ofrece funcionalidades de monitoreo en tiempo real, históricos y alarmas. Se excluye el desarrollo de hardware y la personalización extensiva de la aplicación.

Palabras clave: Monitoreo remoto, Procesos de envasado, Aplicación móvil, Flutter, MySQL.

Abstract

This project focuses on the development of a remote monitoring system for packaging processes, with the aim of providing users with immediate and real-time access to crucial information about production. A mobile application has been developed using Flutter that allows the visualization of production data stored in a MySQL database hosted in the cloud. Communication with the PLC is established through NODE-RED, allowing for seamless data integration between the process simulation and the mobile application. The application offers real-time monitoring, historical and alarm functionalities. Hardware development and extensive application customization are excluded.

Keywords: Remote monitoring, Packaging processes, Mobile application, Flutter, MySQL.

Introducción

En el contexto de la industria de envasado, la supervisión de procesos es fundamental para garantizar la eficiencia y la calidad en la producción. Actualmente, la implementación de sistemas SCADA ha sido una herramienta clave para monitorear y controlar los procesos en tiempo real dentro de las instalaciones de la planta. Sin embargo, una limitación significativa de estos sistemas es su restricción a ubicaciones fijas dentro de la planta, lo que dificulta el acceso a la información desde lugares externos.

Este problema plantea desafíos importantes, como retrasos en la toma de decisiones, falta de visibilidad en tiempo real y dificultades para abordar eficazmente los problemas operativos. Ante esta situación, surge la necesidad de desarrollar una solución innovadora que permita el monitoreo remoto completo de la planta de envasado. Esta solución debe proporcionar acceso inmediato y en tiempo real a datos cruciales del proceso de producción, incluyendo datos de producción, estado de la materia prima y alarmas por fallas en la operación.

El objetivo principal de este proyecto de grado es diseñar y desarrollar una plataforma tecnológica que permita el monitoreo remoto integral de la planta de envasado. Esta plataforma buscará superar las limitaciones de los sistemas SCADA tradicionales al proporcionar acceso a la información desde ubicaciones externas, facilitando así la toma de decisiones y mejorando la eficiencia operativa en el sector del envasado.

1. Sistema remoto para monitoreo de operación en plantas de envasado mediante aplicación móvil

1.1 Identificación de la problemática

La necesidad de acceso remoto a la información del proceso de envasado ha impulsado al desarrollo del proyecto. Los usuarios requieren la capacidad de consultar datos relevantes sobre el proceso en cualquier momento y lugar, siempre y cuando estén conectados a internet. Ante este escenario, se plantea el desarrollo de un sistema de monitoreo remoto para procesos de envasado, con el objetivo de proporcionar una solución integral que permita el acceso a la información de manera ágil y eficiente.

1.2 Justificación

1.2.1 ¿Qué ha llevado a la identificación del problema?

La idea de la app nace a partir de la necesidad de tener acceso a la información del proceso de manera remota, de modo que los usuarios puedan consultar información relevante con respecto al proceso sin importar su ubicación, siendo el único requisito estar conectado a internet.

1.2.2 ¿Qué se necesita?

Para el desarrollo de la app, se debe tener una previa selección, definición y buen manejo de las partes que lo componen, lo cual va desde la programación del PLC, hasta el framework requerido para el desarrollo de la app, pasando anteriormente por demás softwares para el manejo y persistencia de los datos.

1.2.3 Alcance

El alcance del proyecto es desarrollar un sistema de monitoreo remoto para procesos de envasado, donde se emplea una aplicación móvil construida en Flutter para acceder a los datos de producción. Se establece una comunicación con el PLC a través de NODE-RED, y los datos se almacenan en una base de datos MySQL alojada en la nube. La aplicación proporciona funcionalidades de monitoreo en tiempo real, históricos, y alarmas. Cabe destacar que el proyecto excluye el desarrollo de hardware y la personalización extensiva de la aplicación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema completo de monitoreo remoto para procesos de envasado, integrando una aplicación móvil con capacidad de acceso a la información almacenada en una base de datos MySQL en la nube.

1.3.2 Objetivos específicos

- Desarrollar una aplicación móvil mediante flutter que permita acceder a datos de producción, inventario y alarmas desde una base de datos MySQL remota.
- Implementar un sistema de comunicación entre la simulación del proceso de envasado y la aplicación móvil, utilizando tecnologías como NODE-RED para la inserción y actualización de datos en MySQL, asegurando la integridad y consistencia de la información.

- Integrar funciones de monitoreo en tiempo real en la app móvil para notificar a los usuarios sobre eventos críticos como alarmas de nivel de almacenado, asegurando una respuesta efectiva ante emergencias.

2. Marco de referencia

Automatización industrial: la automatización industrial hace referencia a la integración de diversas tecnologías que tienen como finalidad el desarrollo autónomo de procesos con características mecánicas o repetitivas en entornos industriales. Este enfoque abarca una amplia gama de áreas, que van desde la implementación de sensores y dispositivos de medición para recopilar datos en tiempo real, hasta el control y la supervisión de sistemas completos de producción (Automatización, 2011).

TIA Portal: es un entorno de ingeniería de software desarrollado por Siemens, utilizado para la configuración, programación, visualización y diagnóstico de sistemas automatizados, como PLCs, HMI y sistemas de accionamiento (SIEMENS Colombia).

FactoryIO: es un software de simulación industrial que brinda la capacidad de crear y simular entornos de producción virtualmente en tiempo real. Con esta herramienta, los usuarios pueden configurar equipos y máquinas para representar procesos industriales, y, además, conectarla con diversos softwares de programación de PLCs (Factory I/O).

NODE-RED: es una plataforma de programación visual basada en nodos que facilita la creación de aplicaciones IoT (Internet de las cosas) y de automatización (Node-RED).

Gestor de base de datos: un gestor de base de datos es un software diseñado para crear, gestionar y manipular bases de datos. Proporciona funcionalidades para almacenar, organizar, recuperar y modificar datos de manera eficiente y segura.

MySQL: es un sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto ampliamente utilizado en el desarrollo de aplicaciones web y empresariales.

Clever Cloud: es una plataforma de computación en la nube que ofrece servicios de alojamiento y despliegue de aplicaciones web y móviles.

Frontend: el frontend, o también llamado desarrollo del lado del cliente, se refiere a la parte de un sistema informático o sitio web con la que interactúa el usuario directamente. Incluye la interfaz gráfica, elementos visuales y la experiencia de usuario (Coppola, 2022).

Backend: el backend, o desarrollo del lado del servidor, es la parte de un sistema informático o sitio web que opera en el servidor y no es visible para el usuario final. Se encarga de procesar y almacenar datos, gestionar la base de datos, realizar operaciones complejas y ejecutar la lógica del negocio. Esto incluye autenticación de usuarios, gestión de sesiones, procesamiento de formularios y cualquier otra operación que requiera acceso a la base de datos o recursos del servidor (Platzi, 2018).

3. Metodología

3.1 Definición de tecnologías

En el proceso de selección de tecnologías para el proyecto, se realizó un análisis exhaustivo con la intención de elegir las herramientas más adecuadas para alcanzar los objetivos de manera eficiente y efectiva, según lo cual, resultaron selectos:

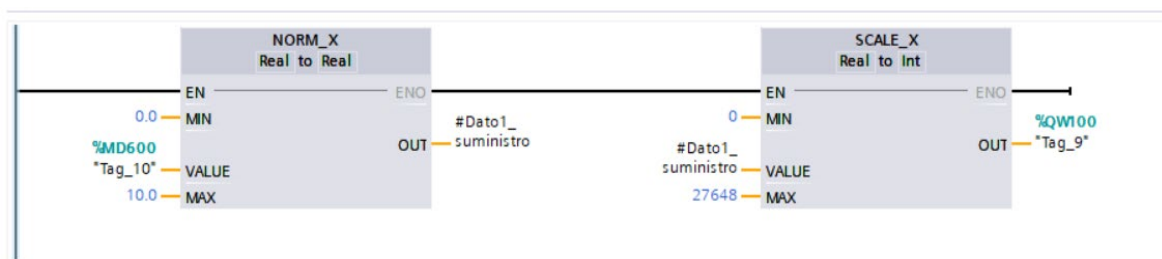
- TIA Portal (Programación de PLC): Se seleccionó TIA Portal como plataforma principal para la programación de PLC debido a su compatibilidad con simuladores y servicios de comunicación. Además, el hecho de que este software haya sido impartido durante la especialización, proporcionó experiencia previa, lo que facilitó su implementación.
- FactoryIO (Simulación del Proceso): Para la simulación del proceso, se optó por FactoryIO debido a su facilidad de uso y su capacidad para simular de manera precisa los entornos industriales.
- MySQL (Gestor de Base de Datos): Para la gestión de la base de datos, se eligió MySQL por su facilidad de aprendizaje, alta documentación y fácil implementación de sus servicios. Además, su compatibilidad con los demás softwares utilizados en el proyecto garantiza una integración fluida y eficiente.
- NODE-RED (Plataforma de Comunicación de Datos): Fue utilizado NODE-RED como plataforma para la comunicación de datos provenientes del PLC y para la lógica de inserción y actualización en la base de datos MySQL. La elección de NODE-RED se basó en su compatibilidad, facilidad de uso y opciones de depuración.

- Clever-Cloud (Servidor Remoto): Para alojar la base de datos y ejecutar el proyecto de forma remota, fue seleccionado Clever-Cloud por su facilidad de uso y su plan gratuito, que permitió ejecutar el proyecto sin incurrir en costos adicionales.
- Flutter (Framework para Desarrollo de Interfaz Gráfica): Para el desarrollo de la interfaz gráfica, se eligió Flutter debido a su facilidad en el desarrollo de aplicaciones móviles y su capacidad para generar aplicaciones nativas para diferentes dispositivos a partir de un solo código.

3.2 Programación del PLC

Se realizó un programa cuya lógica permitió la medición de tres sensores: dos digitales y uno analógico (mediante el uso de los bloques NORM_X y SCALE_X). Estos sensores proporcionaron datos sobre la apertura o cierre de válvulas de suministro y descarga, así como información en unidades de volumen relacionada con el nivel actual.

Figura 1. *Lectura de señal analógica*



3.3 Simulación

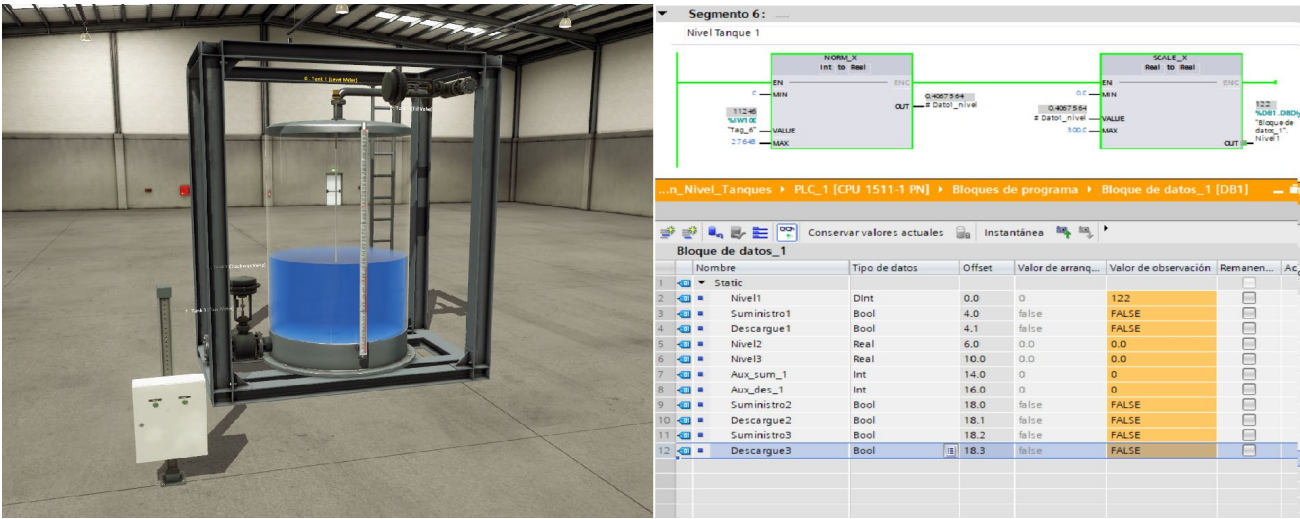
Mediante la documentación proporcionada por la página oficial de FactoryIO, se realizó la configuración para permitir la comunicación con TIA Portal. Esta configuración se basó

en la inclusión en el proyecto de TIA Portal de una función que ejecuta un código en texto estructurado. Dicho código contiene los parámetros y credenciales necesarios para establecer la conexión de manera correcta.

Posteriormente, se creó una escena en FactoryIO para visualizar el proceso de llenado de un tanque, el cual es controlado y monitorizado por el PLC configurado en TIA Portal. Esta integración se llevó a cabo mediante la configuración del driver de FactoryIO.

Es importante destacar que el correcto funcionamiento de esta simulación depende de la activación de PLCSIM ADVANCED y de estar en línea en TIA Portal. Esto garantiza que la comunicación entre FactoryIO y TIA Portal sea estable y que la simulación refleje de manera precisa el comportamiento esperado del sistema controlado por el PLC.

Figura 2. Simulación del proceso



3.4 Creación de la base de datos

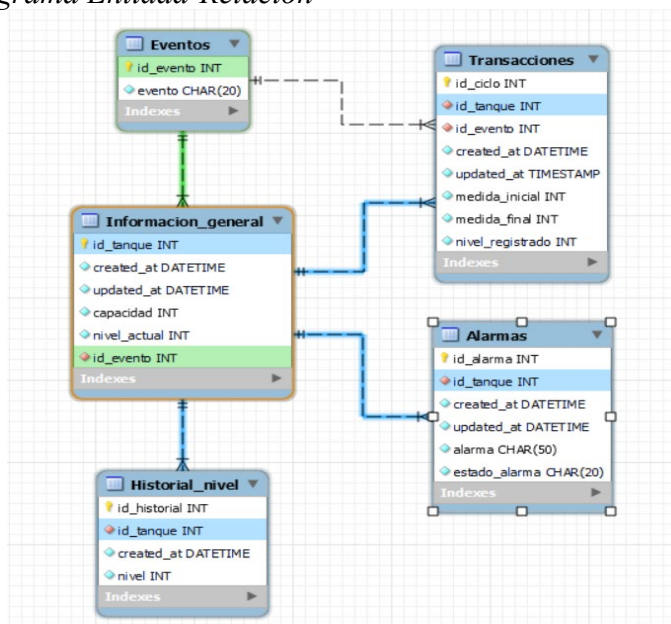
Usando MySQL como gestor de base de datos, se definió el modelo entidad-relación mediante el cual se lleva a cabo la lógica del manejo de los datos a lo largo del proyecto.

Posteriormente, dicha base de datos fue alojada en un servidor remoto llamado Clever Cloud.

Las entidades presentes en la base de datos son las siguientes:

- **Eventos:** Indica el tipo de evento presentado por el tanque, según el estado de las válvulas. Los eventos se dividen en suministro, descargue y almacenamiento.
- **Informacion_general:** Se muestran los datos más relevantes del momento (capacidad de almacenamiento, evento actual, nivel actual).
- **Transacciones:** Se registran los cambios de nivel presentados, especificándose el evento al cual corresponden.
- **Historial:** Contiene los datos de los niveles presentados en distintos instantes de tiempo.
- **Alarmas:** Registro de alarmas clasificadas por tipo (Nivel alto o Nivel bajo) y estado (reportada o solucionada).

Figura 3. Diagrama Entidad-Relación

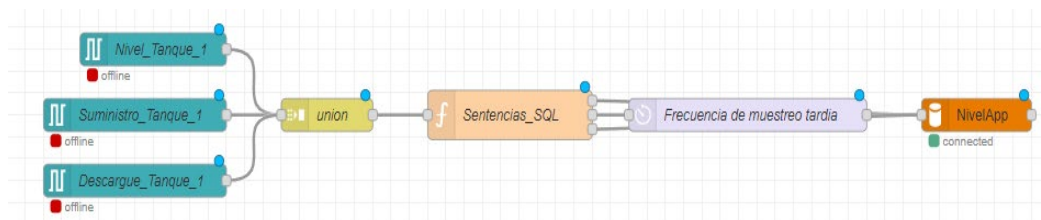


3.5 Conexión con NODE-RED

Mediante la implementación de los nodos “S7” presentes en NODE-RED, se estableció la comunicación con cada uno de los sensores configurados en TIA PORTAL, posteriormente se utilizó el nodo “function” para definir la lógica de inserción y actualización de los datos almacenados en MySQL.

La lógica sigue las instrucciones de una simple detección de flancos, constantemente se registran los niveles presentados en la entidad “Historial” y se actualizan los valores más relevantes en la entidad “Informacion_general”, si detecta algún flanco, quiere decir que una válvula abre o cierra, por lo que, según sea el caso, es registrado en la entidad “Transacciones”, para almacenar los cambios de nivel dados en algún evento específico.

Figura 4. *Flujo en NODE-RED*



Descripción detallada del flujo:

El flujo recibe los datos del PLC mediante los nodos S7, posteriormente, mediante el nodo Unión, los 3 datos son almacenados en un vector para ser enviados (según la lógica previamente mencionada) a la base de datos configurada en el nodo MySQL (NivelApp), a una frecuencia establecida por el nodo Timer (Frecuencia de muestreo tardía).

Definición de los nodos utilizados:

- S7: Este nodo permite la comunicación con controladores Siemens S7 (PLC). Se utiliza para leer y escribir datos en el PLC, lo que permite la integración de dispositivos industriales con NODE-RED.
- Union: El nodo Union se utiliza para combinar múltiples flujos de datos en uno solo. Permite fusionar datos de diferentes fuentes antes de pasarlos a nodos posteriores en el flujo de trabajo.
- Function: El nodo Function permite escribir funciones personalizadas en JavaScript dentro de NODE-RED. Puede ser utilizado para realizar manipulaciones de datos, cálculos complejos o implementar lógica personalizada en el flujo de trabajo.
- Timer: El nodo Timer se utiliza para generar eventos temporales en NODE-RED. Permite configurar temporizadores para activar acciones en momentos específicos, lo que es útil para programar tareas o eventos basados en el tiempo.
- MySQL: Este nodo facilita la conexión y comunicación con bases de datos MySQL desde NODE-RED. Permite realizar consultas, inserciones, actualizaciones y eliminaciones de datos en una base de datos MySQL, lo que es útil para almacenar y recuperar información en aplicaciones IoT y sistemas de automatización.

3.6 Interfaz Gráfica

La interfaz gráfica se desarrolló en Flutter, utilizando el paquete "mysql1" para realizar las consultas a la base de datos y visualizar la información de manera adecuada. Inicialmente,

se estableció la conexión con la base de datos MySQL alojada en Clever Cloud. Luego, se diseñó la aplicación utilizando los datos solicitados mediante consultas SQL previas.

Figura 5. *Conexión a MySQL*

```
1  import 'package:mysql1/mysql1.dart';
2
3
4  class Mysql{
5
6      static String host='10.0.0.1',
7      user='root',
8      password='root',
9      db='root';
10     static int port=3306;
11
12     Mysql();
13
14     Future connectToMySQL() async {
15         var settings= ConnectionSettings(
16             host: host,
17             port: port,
18             user: user,
19             password: password,
20             db: db,
21         );
22
23         return await MySqlConnection.connect(settings);
24     }
25 }
26
27
28 }
```

4. Resultados

Como resultado del proyecto, se ha logrado el desarrollo de una aplicación móvil que permite la visualización en tiempo real de la operación de un sistema de envasado. Esta aplicación, desarrollada en Flutter, ofrece una interfaz gráfica intuitiva y funcional, dividida en tres pantallas principales:

1. **Pantalla General:** En esta pantalla, se muestra información general sobre las condiciones del tanque de envasado en el momento de la revisión. Los datos incluyen el nivel actual, el evento en curso, el suministro y el descargue.

Figura 6. *Pantalla General*



2. **Pantalla de Tendencias:** Aquí se presentan diagramas de línea que muestran las tendencias basadas en datos históricos de nivel, suministro y descargue. Estos diagramas están clasificados por día, semana y mes, lo que permite una visualización clara de la evolución del proceso a lo largo del tiempo.

Figura 7. *Pantalla de Tendencias*



- 3. Pantalla de Alarmas:** Esta pantalla proporciona información detallada sobre las alarmas presentadas durante el proceso de envasado. Se indican el tipo de alarma, su descripción y su estado (reportada o solucionada), lo que permite una rápida identificación y respuesta ante cualquier incidencia.

Figura 8. *Pantalla de Alarmas*

Los resultados obtenidos se basan en la integración de diversas tecnologías y softwares, incluyendo TIA PORTAL para la programación del PLC, FactoryIO para la simulación del proceso, MySQL como gestor de base de datos, Clever-Cloud como servidor remoto y Flutter como framework para el desarrollo de la interfaz gráfica de la aplicación móvil.

Además, se realizaron pruebas exhaustivas para verificar el correcto funcionamiento del sistema, centrándose en la lectura y visualización precisa de los datos almacenados en la base de datos. Estas pruebas confirmaron la eficacia y fiabilidad del sistema desarrollado para el monitoreo remoto de procesos de envasado.

5. Discusión

Conexión con MySQL: La base de datos se aloja en Clever Cloud, en un plan gratuito de capacidades limitadas. La gestión de conexiones y peticiones SQL simultáneas representó un desafío debido a estas limitaciones. Sin embargo, se implementaron estrategias de comprobación para determinar el momento adecuado para abrir o no una nueva conexión, lo que permitió superar estas dificultades de manera efectiva.

Documentación: En algunos casos, como la conexión a MySQL y la representación de datos mediante diagramas estadísticos, se utilizaron paquetes o librerías que facilitaron la ejecución de estos procesos. La documentación oficial del framework fue una fuente invaluable de información, disponible en la página "pub.dev". Además, para resolver dudas específicas, Stack Overflow desempeñó un papel crucial. Este foro de discusión, dirigido a programadores y desarrolladores de software, cuenta con una amplia comunidad que abarca diversos lenguajes, frameworks y APIs, lo que permitió encontrar soluciones eficaces para los desafíos encontrados durante el desarrollo del proyecto.

6. Conclusiones

- A través del proyecto, se demuestra la capacidad de adaptación tecnológica de la industria de envasado para aprovechar las herramientas disponibles y mejorar sus procesos. La integración exitosa de diversas tecnologías muestra un enfoque proactivo hacia la modernización y la optimización de la producción

- El proyecto tiene el potencial de generar un impacto significativo en la eficiencia operativa, la calidad del producto y la rentabilidad de las empresas del sector de envasado. Al proporcionar una solución integral que mejora la supervisión y el control de los procesos, se sientan las bases para una producción más eficiente, segura y adaptable a las demandas del mercado.
- La integración de tecnologías digitales, la automatización de procesos y la capacidad de recopilar y analizar datos en tiempo real reflejan la filosofía de la Industria 4.0, que busca la interconexión de sistemas y la optimización de la producción a través de la tecnología. Este proyecto no solo aborda los desafíos específicos de la industria de envasado, sino que también se alinea con la visión más amplia de la transformación digital en la manufactura, contribuyendo así al avance hacia una producción más inteligente, eficiente y adaptable.

Referencias

- [1] "Qué es Frontend y Backend: diferencias y características". (2018, febrero 21). Platzi. Accedido: Feb. 02, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://platzi.com/blog/que-es-frontend-y-backend/>
- [2] Automatizacionindustrial. (2011, febrero 9). ¿Qué es la Automatización Industrial? Accedido: Feb. 02, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/>
- [3] Coppola, M. (2022, septiembre 19). "Frontend y backend: qué son, en qué se diferencian y ejemplos". Accedido: Feb. 02, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://blog.hubspot.es/website/frontend-y-backend>

- [4] Stack Overflow. "Where Developers Learn, Share, y Build Careers". [En línea]. Disponible en: <https://stackoverflow.com/>
- [5] Siemens Colombia. (s. f.). Siemens Colombia. <https://www.siemens.com/co/es.html>
- [6] Factory I/O – Next-Gen PLC training. (s. f.). <https://factoryio.com/>
- [7] Node-RED. (s. f.). <https://nodered.org/>
- [8] Building user interfaces with Flutter. (s. f.). Flutter. <https://docs.flutter.dev/ui>
- [9] EMERSON. (s. f.). La guía del ingeniero para la medición de tanques (2021.a ed.) [PDF]. <https://www.emerson.com/documents/automation/gu%EDa-la-gu%EDa-de-inicio-r%E1pido-del-ingeniero-para-la-medici%F3n-de-tanques-rosemount-es-es-4261176.pdf>