



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

MENCIÓN SISTEMAS INDUSTRIALES

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PROYECTO TÉCNICO:

**DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE HMI'S INDUSTRIALES BASADO EN LA
PLATAFORMA 4.0 CONTROL DE SEÑALES DIGITALES Y ANALÓGICAS, ENVÍO
DE VARIABLES A LA NUBE, REGISTRO MEDIANTE BASE DE DATOS**

AUTORES:

WELLINGTON BRYAN CHIPE ORTIZ

ORLEY NEPTALI LUCIO CEDEÑO

TUTOR:

ING. GENARO DÍAZ, MSIG.

GUAYAQUIL – ECUADOR

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Chipe Ortiz Wellington Bryan con documento de identificación N°0929246874 y Lucio Cedeño Orley Neptalí con documento de identificación N°0918899709, manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación

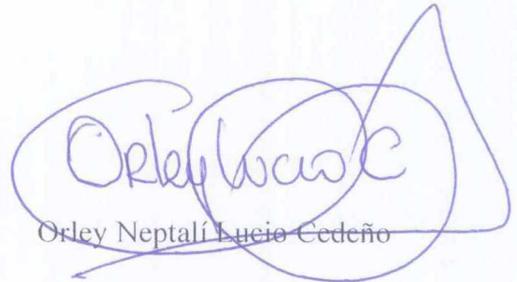
Guayaquil, 19 de febrero del año 2024.

Atentamente,



Wellington Bryan Chipe Ortiz

C.I. 0929246874



Orley Neptalí Lucio Cedeño

C.I. ° 0918899709

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Chipe Ortiz Wellington Bryan con documento de identificación N° 0929246874 y Lucio Cedeño Orley Neptalí con documento de identificación N° ° 0918899709, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: "DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE HMI INDUSTRIALES BASADO EN LA PLATAFORMA 4.0 CONTROL DE SEÑALES DIGITALES Y ANALÓGICAS, ENVÍO DE VARIABLES A LA NUBE, REGISTRO MEDIANTE BASE DE DATOS", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Electrónica, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de febrero del año 2024.

Atentamente,



Wellington Bryan Chipe Ortiz
C.I. 0929246874



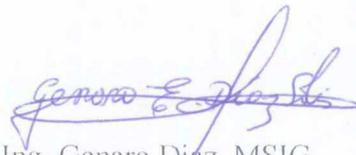
Orley Neptalí Lucio Cedeño
C.I. 0918899709

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Genaro Díaz, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE HMIS INDUSTRIALES BASADO EN LA PLATAFORMA 4.0 CONTROL DE SEÑALES DIGITALES Y ANALÓGICAS, ENVÍO DE VARIABLES A LA NUBE, REGISTRO MEDIANTE BASE DE DATOS, realizado por Chipe Ortiz Wellington Bryan con documento de identificación N° y Lucio Cedeño Orley Neptalí con documento de identificación N°, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de febrero del año 2024.

Atentamente,



Ing. Genaro Díaz, MSIG.

C.I. 0912186467

Docente Tutor

DEDICATORIA

Querida familia, a ti, mi amada esposa, y a todas las personas que siempre han estado a mi lado brindándome su apoyo incondicional, les dedico este logro. Vuestra presencia constante, se ha convertido en mi fuente de fortaleza gracias al afecto y aliento a lo largo de este arduo camino. Han sido mi inspiración y mi motivación para que los desafíos y las metas se puedan alcanzar y superar.

Cada obstáculo que he enfrentado se ha vuelto más llevadero gracias a su apoyo inquebrantable. Vuestra fe en mí ha sido un faro de luz en los momentos oscuros, y vuestra confianza en mis capacidades me ha dado la valentía para seguir adelante.

Este proyecto es el efecto de un esfuerzo colectivo, y cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en ella. Sin su presencia y amor, no habría sido posible llegar hasta aquí. Con todo mi corazón, les dedico este logro. Gracias por estar siempre a mi lado, por brindarme su amor incondicional y por ser mi fuente de fuerza y motivación. Este logro es también suyo, y espero que se comparta con alegría y gratitud.

Orley Neptali Lucio Cedeño

C.I. 0918899709

DEDICATORIA

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente, a mis padres que me apoyaron y contuvieron los momentos malos y en los buenos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

Me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio.

También quiero dedicarle este trabajo a mi esposa Daniela Por tu paciencia, por tu comprensión, por tu empeño, por tu fuerza, por tu amor, porque la quiero. Debo pedirle perdón porque ha sufrido el impacto directo de las consecuencias del trabajo realizado. Realmente, ella me ayuda a alcanzar el equilibrio que me permite dar todo mi potencial. Nunca dejaré de estar agradecido por esto.

También, quiero dedicarles este trabajo a mis hijos Santiago, Amelia y Mabel, por haberme dado el impulso y ser parte de la razón de superarme para brindarles un futuro mejor.

Wellington Bryan Chipe Ortiz

C.I. 0929246874

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento eterno a mi familia, por ser ese gran apoyo en este largo camino. El amor incondicional, paciencia y comprensión han sido primordiales para disfrutar ahora este éxito académico. Gracias por creer y por alentarme constantemente a perseguir mis metas.

También deseo expresar mi profundo agradecimiento a mi tutor, Ing. Genaro Díaz, por su guía experta y su apoyo durante el desarrollo de este proyecto técnico. Su conocimiento, experiencia y dedicación han sido invaluable para mi crecimiento académico y profesional. Agradezco su disposición para responder mis preguntas, su orientación en momentos de incertidumbre y su constante motivación para superar los desafíos.

No puedo dejar de agradecer a todos los docentes que me han impartido conocimientos a lo largo de mi carrera en la Universidad Politécnica Salesiana. Su pasión por la enseñanza, su compromiso con la excelencia académica y su dedicación para ayudar a crecer como profesionales han dejado una huella imborrable en mi formación. Agradezco su dedicación para transmitir sus conocimientos y por inspirarme a alcanzar mis metas.

Por último, quiero agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios superiores. Agradezco a todos los miembros de la institución que han contribuido a mi formación académica, desde el personal administrativo hasta los directivos. Su compromiso con la educación de calidad ha sido fundamental en mi desarrollo y estoy orgulloso de ser parte de esta institución.

Sin el apoyo de mi familia, la guía de mi tutor, el conocimiento de mis profesores y la oportunidad brindada por la Universidad Politécnica Salesiana, este logro no habría sido posible. Me siento profundamente agradecido y honrado por haber tenido la oportunidad de contar con su apoyo a lo largo de esta etapa de mi vida.

Orley Neptalí Lucio Cedeño

C.I. 0918899709

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a Dios por darme la vida y por su guía constante en mi camino. También quiero agradecer a mis padres, Wellington y Olga quienes han invertido su amor y dedicación en mi formación, siendo mi mayor inspiración y permitiéndome alcanzar mis metas.

A mi esposa Daniela, quien ha sido mi apoyo incondicional, iluminando mi camino con sus consejos, amor y paciencia, gracias por ayudarme a concluir este importante logro. Además, me gustaría destacar la figura de mi director de tesis, Ing. Genaro Diaz quien tuvo fe en el proyecto y se tuvo su guía a lo largo de este camino a la titulación y un pilar fundamental en mi aprendizaje. Gracias a sus conocimientos y trayectoria, he logrado culminar mis estudios con éxito.

Gracias a la Universidad Politécnica Salesiana, de la cual me siento profundamente orgulloso, que me brindaron una educación inmejorable.

Wellington Bryan Chipe Ortiz
C.I. 0929246874

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
1. PROBLEMA DE ESTUDIO	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Delimitaciones.....	2
1.2.1. Temporal.....	2
1.2.2. Geográfica Social.....	3
1.2.3. Académica	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL:.....	5
2.1. Industria 4.0.....	5
2.2. IoT.....	7

2.3.	Simatic IoT2000:	8
2.3.1.	Aplicaciones industriales:	9
2.3.2.	Comunicación y protocolos:	10
2.3.3.	Desarrollo de aplicaciones:	11
2.3.4.	Integración con servicios en la nube:	12
2.3.5.	Seguridad en el IoT2000:	14
2.3.6.	Escalabilidad y flexibilidad:	16
2.3.7.	Soporte y comunidad:.....	17
2.4.	HMI Industriales	18
2.5.	Programadores Lógicos Programables (PLC).....	19
2.6.	Computación en la Nube.....	19
2.7.	Bases de Datos en el contexto Industrial.....	20
2.8.	Desarrollo de Software en la Industria 4.0.....	21
2.9.	Integración y Estándares en HMI Industriales	22
3.	METODOLOGÍA.....	23
3.1.	Diseño del Entorno de Simulación	23
3.1.1.	Selección de Herramientas de Simulación	23
3.2.	Desarrollo del Modelo de Control	24
3.2.1.	Implementación del Control en la Simulación	24
3.3.	Diseño de la Interfaz HMI Virtual.....	25
3.3.1.	Diseño de la Interfaz de Usuario Virtual (UI)	25
3.3.2.	Implementación de la Visualización de Datos en Tiempo Real	26
3.4.	Integración de Funcionalidades 4.0	26
3.4.1.	Envío de Variables a la Nube en la Simulación.....	26
3.4.2.	Registro de Datos en una Base de Datos Virtual	27
3.5.	Programación en Tía Portal V17	28
3.5.1.	Segmentos y DataBlocks.....	28
3.5.2.	Pantalla HMI.....	33
4.	PRÁCTICA.....	35
5.	CRONOGRAMA	37
6.	PRESUPUESTO	38

7.	CONCLUSIONES.....	39
8.	RECOMENDACIONES.....	40
9.	BIBLIOGRAFIA.....	41
10.	ANEXOS	43
10.1.	Programación Ladder de segmentos y datablocks.....	43
10.2.	Programación de HMI remoto.....	43
10.3.	Base de datos recopilados.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.-	Industria 4.0	5
Fig. 2.-	Industria Inteligente.....	6
Fig. 3.-	Implementación de IoT.....	7
Fig. 4.-	Simatic IoT200.....	8
Fig. 5.-	Conexiones para aplicaciones industriales IoT200	10
Fig. 6.-	Comunicación y protocolo IoT200	11
Fig. 7.-	Desarrollo de aplicaciones IoT en IoT200.....	12
Fig. 8.-	MindSphere platform.....	13
Fig. 9.-	Amazon Web Services (AWS)	14
Fig. 10.-	Microsoft Azure IoT Suite.....	14
Fig. 11.-	Encriptación de datos.....	15
Fig. 12.-	IoT2000.....	16
Fig. 13.-	Escalabilidad y Flexibilidad del IoT2000.....	17
Fig. 14.-	HMI industriales.....	18
Fig. 15.-	PLC S7 1200	19
Fig. 16.-	Nube Siemens MindSphere.....	20
Fig. 17.-	Base de Datos SQL.....	21
Fig. 18.-	Desarrollo de Software para la industria 4.0.....	22
Fig. 19.-	Segmento 1 de Lectura de fecha y Hora.....	29
Fig. 20.-	Segmento 2 de bloque para el control de llenado y medición del medidor de color azul.....	29

Fig. 21.- Segmento 3 de dosificación de pintura.....	30
Fig. 22.- Segmento 4 de control de procesos	30
Fig. 23.- segmento 5 de control de ciclos y temporizadores.....	31
Fig. 24.- DataBlock 2	32
Fig. 25.- DataBlock 3	33
Fig. 26.- DataBlock 4	33
Fig. 27.- HMI principal.....	34
Fig. 28.- Segundo Screen.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Práctica de campo de Resultados	36
Tabla 2.- Cronograma de Actividades.....	38
Tabla 3.- Presupuesto	39

RESUMEN

El desarrollo y simulación de HMI (Interfaz Hombre-Máquina) industriales basados en la plataforma 4.0. El trabajo se centra en el control de señales digitales y analógicas, el envío de variables a la nube y el registro mediante una base de datos. Para lograrlo, se utilizan PLC (Programadores Lógicos Programables) y tecnologías de computación en la nube. El enfoque principal consiste en diseñar una interfaz intuitiva y eficiente que facilite la interacción entre operadores y sistemas automatizados, siguiendo los estándares y mejores prácticas del diseño de HMI industriales. Se lleva a cabo una investigación exhaustiva para garantizar que el desarrollo del sistema cumpla con los requerimientos que se aplican en la industria 4.0. Además, se realizan pruebas y simulaciones para evaluar el desempeño y la confiabilidad del sistema propuesto, se demuestra su viabilidad y eficacia en ambientes industriales. La solución práctica y eficiente en la industria para el control de señales sean estas digitales o analógicas y el registro de datos, en el cual se busca mejorar con dicha tecnología los procesos industriales, corregir la eficiencia y la productividad, siendo el enfoque el desarrollo y simulación de HMI industriales basados en la plataforma 4.0, con énfasis en el control de señales, el envío de variables a la nube y el registro mediante una base de datos. El propósito final es proporcionar una solución práctica y eficiente para mejorar los procesos industriales con dispositivos o software que se han trabajado en la carrera.

Palabras claves: HMI industriales, plataforma 4.0, control de señales, variables en la nube, base de datos, PLC, estándares, diseño de interfaz, operadores, automatización, pruebas, eficacia, ambientes industriales.

ABSTRACT

The development and simulation of industrial Human-Machine Interfaces (HMIs) based on the 4.0 platform. The work focuses on controlling digital and analog signals, sending variables to the cloud, and logging them in a database. To achieve this, Programmable Logic Controllers (PLCs) and cloud computing technologies are utilized. The primary objective is to design an intuitive and efficient interface that facilitates interaction between operators and automated systems, adhering to standards and best practices for industrial HMI design. Thorough research is conducted to ensure that the system development meets the requirements applicable in Industry 4.0. Furthermore, tests and simulations are carried out to evaluate the performance and reliability of the proposed system, demonstrating its feasibility and effectiveness in industrial environments. The practical and efficient solution in the industry for controlling signals, whether digital or analog, and data logging aims to enhance industrial processes, improve efficiency, and productivity, with a focus on developing and simulating industrial HMIs based on the 4.0 platform, emphasizing signal control, sending variables to the cloud, and logging them in a database. The ultimate goal is to provide a practical and efficient solution to enhance industrial processes with devices or software developed within the field.

Keywords: Industrial HMIs, 4.0 platform, signal control, cloud variables, database, PLC, standards, interface design, operators, automation, testing, effectiveness, industrial environments.

INTRODUCCIÓN

En el campo de la Industria 4.0, el desarrollo y la simulación de interfaces hombre-máquina (HMI) industriales está ganando importancia. Estas interfaces hombre-máquina le permiten controlar y monitorear señales digitales y analógicas, así como enviar variables a la nube y registrarlas a través de una base de datos NoSQL. La finalidad de este proyecto consiste en desarrollar un entorno web y de escritorio orientado a la Industria 4.0 para monitorear y controlar variables.

El primer objetivo es realizar un análisis integral de las tecnologías de última generación para el desarrollo de plataformas basadas en la Industria 4.0. Se realizara una revisión sistemática de documentos científicos para crear las bases conceptuales y metodológicas necesarias para el proyecto.

El segundo objetivo es analizar el comportamiento de la plataforma y definir los requisitos de diseño. Este análisis permite crear las bases necesarias para implementar variables en la nube, teniendo en cuenta aspectos como la interoperabilidad y la seguridad de los datos.

El tercer objetivo se centra en la implantación y desarrollo de ventanas dinámicas industriales tipo HMI. Estas ventanas se pueden utilizar para controlar y monitorear las variables generadas por el PLC. Se utilizan las últimas tecnologías y herramientas para proporcionar una interfaz de usuario intuitiva y eficiente.

Finalmente, el cuarto objetivo es recopilar los datos obtenidos de la interfaz HMI y desarrollar una NoSQL para su posterior análisis. Esta base de datos facilita la obtención de información crítica sobre el comportamiento de las variables a lo largo del tiempo, ayudándole a tomar decisiones informadas y mejorar continuamente los procesos industriales.

1. PROBLEMA DE ESTUDIO

1.1. Descripción del problema

La creciente adopción de la Industria 4.0 ha modificado la forma en que las empresas ejecutan procesos industriales al aprovechar los avances tecnológicos como Internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial (IA), análisis de datos NoSQL y computación en la nube. A pesar de estos avances, aún persisten vacíos en el desarrollo de soluciones específicas para el control y monitoreo de variables industriales, especialmente aquellas producidas por controladores lógicos programables (PLC), que son la base de la automatización de procesos.

El problema nace surge por falta de una plataforma integral que permita el control eficiente y el monitoreo en tiempo real de estas variables, así como la integración efectiva con la infraestructura de la Industria 4.0. Actualmente, muchas empresas enfrentan desafíos al intentar implementar interfaces HMI industriales que sean capaces de manejar señales digitales y analógicas, enviar datos a la nube de manera segura y mantener un registro organizado mediante bases de datos.

La ausencia de una solución robusta limita la capacidad de las empresas para optimizar sus procesos, identificar patrones de rendimiento y realizar ajustes en tiempo real. Además, la falta de estándares consolidados en el diseño de HMI industriales para la Industria 4.0 complica la implementación y escalabilidad de estas soluciones.

1.2. Delimitaciones

1.2.1. Temporal

Debido a limitaciones de tiempo, se espera que el proyecto dure aproximadamente tres meses, con una fecha de inicio prevista para diciembre de 2023 y una fecha de finalización para febrero de 2024. La secuencia de fases y actividades realizadas durante este período es fundamental para lograr sus objetivos.

El análisis absoluto se realiza para analizar los requisitos del proyecto e identificar claramente los objetivos y recursos disponibles. A esto le sigue una planificación detallada, la distribución de tareas y la definición de hitos importantes para la construcción del proyecto.

Este enfoque estratégico permite llevar a cabo todas las actividades necesarias de manera eficiente y sistemática. El enfoque cuidadoso y planificado de este período de tres meses se centra en superar las limitaciones de tiempo para garantizar que todo el proyecto se complete y logre los objetivos de manera eficiente y efectiva.

1.2.2. Geográfica Social

La investigación se enfoca en contextos industriales específicos, con consideración a las particularidades sociales y geográficas asociadas con la implementación de sistemas HMI industriales.

1.2.3. Académica

Este proyecto está directamente relacionado con los temas prácticos y teóricos de Automatización I, Automatización II, Redes Industriales y Control Automático. La configuración de la red se realiza según las instrucciones de un PLC (Controlador Lógico Programable). Esta investigación tiene como objetivo fundamental una revisión de la literatura académica y científica y se limita a fuentes confiables relacionadas con el tema.

1.3. Justificación

Los sistemas Human Machine Interface (HMI) juegan un papel fundamental en la comunicación y monitorización entre operadores y sistemas de automatización en ambientes industriales. La plataforma 4.0 permite optimizar la gestión de variables en tiempo real utilizando tecnologías avanzadas como Internet de las Cosas (IoT), análisis de inteligencia artificial.

Esto permite un seguimiento y control más preciso de los procesos industriales, aumentando significativamente la eficiencia operativa. La implementación de sistemas IoT con HMI basados en plataformas 4.0 es una parte esencial del desarrollo futuro de la Industria 4.0.

Esta nueva era en la industria se caracteriza por la integración y conectividad de sistemas inteligentes que permiten automatización avanzada, conectividad y toma de decisiones basada en datos. El sistema IoT con HMI basado en la plataforma 4.0 permite una visualización y monitoreo más completos y precisos de los procesos industriales.

Esto hace que sea más fácil identificar problemas tempranamente, identificar tendencias y tomar decisiones informadas. Con acceso a información en tiempo real y análisis avanzados, los operadores pueden optimizar la producción, reducir el tiempo de inactividad, minimizar errores y mejorar la calidad del producto.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Implementar un entorno web y de escritorio basado en la industria 4.0 para el control y monitoreo eficiente de variables industriales.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar el estado del arte sobre el desarrollo de plataformas basadas en la industria 4.0 mediante una revisión sistemática de documentos científicos.
- Definir los requerimientos del diseño para la implementación de variables en la nube.
- Implementar ventanas dinámicas tipo HMI industriales para el control y monitoreo de variables generadas por PLC.
- Recopilar los datos obtenidos y generar una NoSQL para la revisión de variables en el tiempo.

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL:

2.1. Industria 4.0

La Industria 4.0 se hace énfasis a la cuarta revolución de la industria, que combina tecnologías digitales y físicas para crear sistemas de producción inteligentes y conectados. Los principios fundamentales de la Industria 4.0 incluyen el internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), la fabricación aditiva (impresión 3D) y la ciberseguridad. (Porter, M., & Heppelmann, J.E., 2020)

Las tendencias actuales en esta revolución incluyen la aplicación de aprendizaje automático en las tecnologías, la realidad aumentada, la robótica colaborativa y la computación en la nube. Hay numerosos casos de estudio que se pueden visualizar en diversos sectores, como la fabricación, la logística y la energía, que demuestran los beneficios y aplicaciones de la Industria 4.0. Como se muestra en la fig.1 (Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B., 2020)

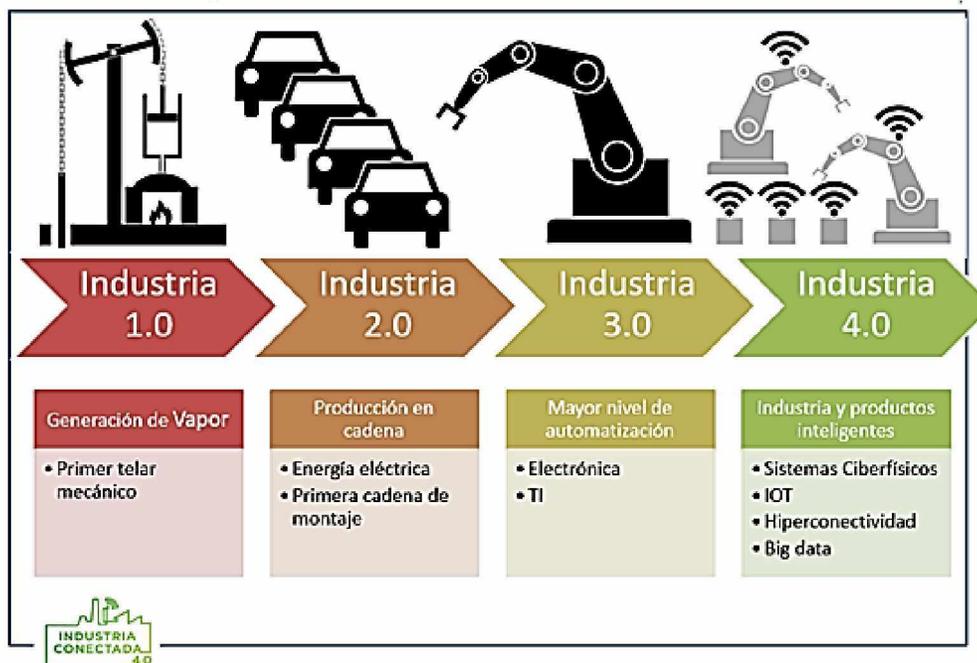


Fig. 1.- Industria 4.0 (Universidad de Salamanca, 2020)

La implementación de la Industria 4.0 trae desafíos como: Inversión inicial requerida, capacitación del personal e interoperabilidad del sistema. Sin embargo, también ofrece

oportunidades como una mayor eficiencia, calidad y personalización de la producción, nuevos modelos de negocio basados en servicios y optimización de la cadena de suministro. (Sharma, S.K., Kumar, N., & Kumar, A., 2021)

Las universidades tienen la responsabilidad de preparar a la próxima generación de trabajadores para los desafíos de la Industria 4.0. según la fg.2. Su propósito es brindar a los estudiantes acceso a herramientas, sistemas y programas utilizados en el mercado laboral actual. Al brindar capacitación basada en experiencias del mundo real y seguir una hoja de ruta que enseñe las áreas temáticas adecuadas, estas instituciones pueden garantizar que la fuerza laboral del mañana esté capacitada adecuadamente. (Universidad de Salamanca, 2020)



Fig. 2.- Industria Inteligente (CIC CONSULTING INFORMÁTICO, 2022)

Es esencial crear laboratorios y espacios de trabajo colaborativo donde los estudiantes y profesores puedan desarrollar habilidades tecnológicas, pensamiento crítico y trabajo en equipo. Estos contextos de aprendizaje ofrecen la oportunidad de compartir proyectos, innovar utilizando tecnologías de prototipado rápido y utilizar una amplia gama de herramientas de alta calidad. Esto prepara a los estudiantes para integrarse y adaptarse fácilmente a contextos empresariales. Estos espacios de aprendizaje fomentan la autoformación y generan un ambiente propicio para la innovación, asegurando que las universidades formen profesionales con las habilidades adecuadas para la industria y la sociedad del futuro. (Universidad de Salamanca, 2020)

aprovechar el IoT, las empresas pueden mejorar la eficiencia de la producción, prevenir fallas en equipos, optimizar la gestión de la cadena de suministro, reducir el consumo de energía, mejorar la calidad del aire, automatizar el riego agrícola y mucho más. (Klein, 2016)

2.3. Simatic IoT2000:

El Simatic IoT2000 es una plataforma de hardware desarrollada por Siemens específicamente para aplicaciones de IoT industrial. Está diseñado como un gateway o nodo de comunicación que conecta los dispositivos y sistemas industriales existentes con la nube. El hardware del Simatic IoT2000 se basa en un procesador Intel Quark y cuenta con una variedad de interfaces de conectividad, incluyendo Ethernet, RS232/485, USB y CAN. Estas interfaces permiten la conexión con dispositivos y sistemas distribuidos en el entorno industrial. Según se puede apreciar en la fig.4. (Hafner, 2017)



Fig. 4.- Simatic IoT2000 siemens.com

El IoT2000 también cuenta con puertos de entrada/salida digitales y analógicos que permiten la conexión de sensores, actuadores y otros dispositivos periféricos. Estos puertos permiten la adquisición de datos desde el entorno industrial y el control de

dispositivos conectados. La plataforma ofrece opciones de expansión a través de ranuras para tarjetas adicionales, lo que permite agregar funcionalidades personalizadas según las necesidades específicas del proyecto. (Lord, 2017)

2.3.1. Aplicaciones industriales:

(Gumaei, A., & El Saddik, A., 2017) El Simatic IoT2000 se utiliza en una amplia variedad de sectores industriales para habilitar soluciones de IoT. Los ejemplos de aplicaciones incluyen:

- **Fabricación:** En la fabricación, el IoT2000 se utiliza para monitorear y optimizar el rendimiento de las máquinas, controlar la calidad de los productos, gestionar el inventario y mejorar la eficiencia general del proceso de fabricación. Por ejemplo, sensores conectados a través del IoT2000 pueden recopilar datos de producción en tiempo real para identificar cuellos de botella, predecir fallas de equipos y optimizar la programación de la producción.
- **Energía:** En el sector energético, el IoT2000 se utiliza para la supervisión y el control remoto de infraestructuras energéticas, como plantas de energía solar o eólica. Esto permite un monitoreo en tiempo real de la generación de energía, la detección temprana de fallas y el mantenimiento predictivo. Además, el IoT2000 puede ser utilizado para optimizar el consumo de energía en edificios y facilitar la integración de fuentes de energía renovable en la red eléctrica.
- **Transporte:** En el ámbito del transporte, el IoT2000 se utiliza para el seguimiento y monitoreo de flotas de vehículos, el control de inventario en almacenes y la optimización de la logística en la cadena de suministro. Por ejemplo, sensores conectados al IoT2000 pueden proporcionar información en tiempo real sobre la ubicación de los vehículos, el estado de la carga y las condiciones ambientales, lo que permite una gestión más eficiente de la flota y una entrega más precisa.

- Agricultura: En la agricultura, el IoT2000 se utiliza para el monitoreo de cultivos, el control del riego, la gestión de la temperatura y la humedad, se puede ver el esquema en la fig.5 y el seguimiento de condiciones ambientales. Mediante sensores conectados al IoT2000, los agricultores pueden recopilar datos sobre el suelo, la humedad, la calidad del aire y otros parámetros relevantes para optimizar el riego, prevenir enfermedades en los cultivos y maximizar la producción agrícola.

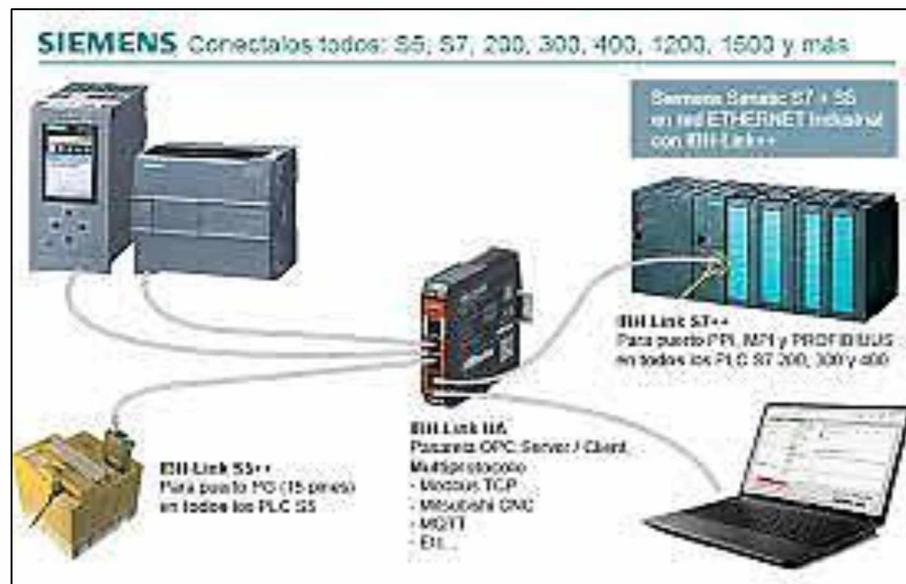


Fig. 5.- Conexiones para aplicaciones industriales IoT2000 siemens.com

2.3.2. Comunicación y protocolos:

(Al-Turjman, 2017) El Simatic IoT2000 admite diferentes protocolos de comunicación utilizados en ámbitos industriales. Varios de los protocolos comunes incluyen:

- Modbus: Un protocolo de comunicación ampliamente utilizado en el campo de la automatización industrial para la comunicación entre dispositivos electrónicos. El Simatic IoT2000 puede actuar como un maestro o esclavo Modbus para intercambiar datos con otros dispositivos compatibles con Modbus.

- OPC UA: OPC UA (Arquitectura Unificada de OPC) es un estándar de comunicación industrial utilizado para el intercambio correcto de datos en tiempo real entre diferentes sistemas y dispositivos en el entorno industrial. El Simatic IoT2000 puede actuar como un cliente OPC UA para acceder a datos y servicios de otros sistemas compatibles con OPC UA. (Al-Turjman, 2017)
- RESTful API: El Simatic IoT2000 puede exponer una interfaz de programación de aplicaciones (API) basada en REST (Representational State Transfer), que permite la comunicación con otros sistemas y servicios a través de solicitudes HTTP. (Al-Turjman, 2017)

Estos son varios ejemplos de protocolos de comunicación compatibles con el Simatic IoT2000. La elección del protocolo depende de los requisitos específicos de la aplicación y de los sistemas con los que se necesita comunicar, a continuación se puede ver los protocolos en la fig.6.

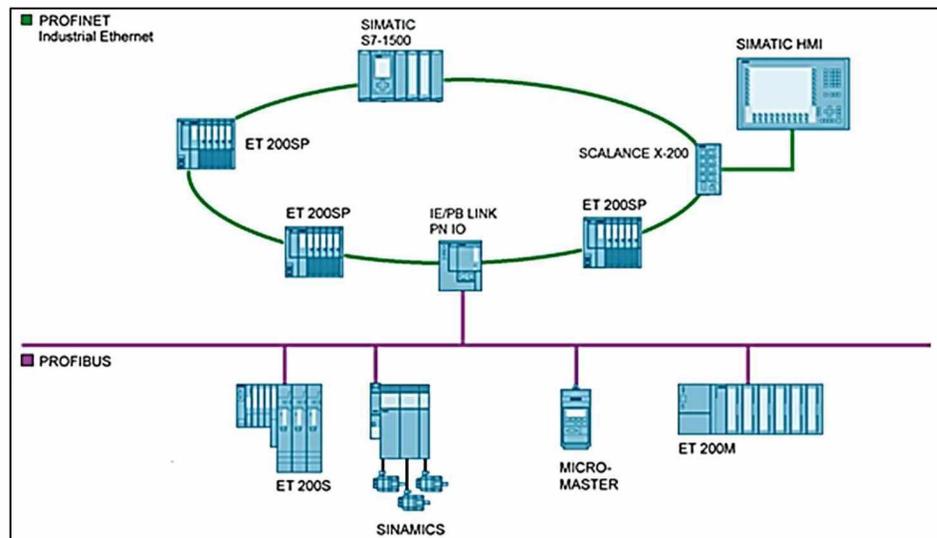


Fig. 6.- Comunicación y protocolo IoT2000 siemens.com

2.3.3. Desarrollo de aplicaciones:

(Chen, L., Kapoor, S., & Nugent, C. , 2018) Para desarrollar aplicaciones en el Simatic IoT2000, Siemens proporciona un conjunto de herramientas y ambitos de desarrollo. Algunas de las opciones comunes son las siguientes:

- SIMATIC IOT2000 Software Development Kit (SDK): Siemens ofrece un SDK que incluye bibliotecas y herramientas para el desarrollo de aplicaciones personalizadas en el Simatic IoT2000. El SDK proporciona una API para acceder a las funcionalidades del IoT2000 y permite el desarrollo de aplicaciones en lenguajes de programación como C/C++. (Chen, L., Kapoor, S., & Nugent, C. , 2018)
- Node-RED: Node-RED es una herramienta de programación visual utilizada para crear aplicaciones IoT de forma rápida y sencilla. Viene preinstalado en el Simatic IoT2000 y permite la creación de flujos de trabajo utilizando bloques lógicos y conectores visuales, como podemos apreciar en la fig.7. Node-RED es especialmente útil para casos de uso en los que se requiere una integración rápida y una lógica de programación sencilla.



Fig. 7.- Desarrollo de aplicaciones IoT en IoT2000 siemens.com

2.3.4. Integración con servicios en la nube:

(Kranz, M., 2016) El Simatic IoT2000 se puede integrar con servicios en la nube para almacenar, procesar y analizar los datos recopilados por los dispositivos

conectados. Los servicios en la nube comunes que se pueden utilizar junto con el IoT2000 incluyen:

- Siemens MindSphere: MindSphere es la plataforma de IoT de Siemens que proporciona capacidades de almacenamiento de datos, análisis avanzado, se puede ver un esquema en la fig.8 visualización de datos y servicios adicionales para habilitar soluciones de IoT industrial. El Simatic IoT2000 se puede conectar a MindSphere para enviar datos y recibir comandos y notificaciones desde la nube. (Kranz, 2016)

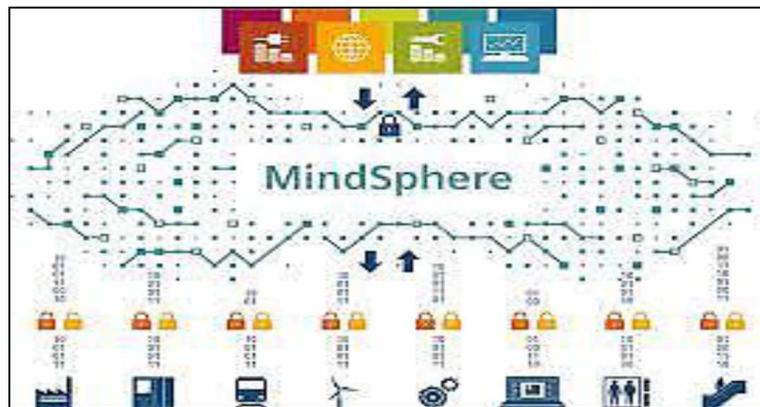


Fig. 8.- MindSphere platform siemens.com

- Amazon Web Services (AWS): El IoT2000 es compatible con AWS IoT, se puede apreciar el logo del mismo en la fig.9. que es un conjunto de servicios en la nube de Amazon diseñados específicamente para aplicaciones de IoT. AWS IoT ofrece capacidades de administración de dispositivos, almacenamiento de datos, procesamiento de datos y análisis avanzado. El Simatic IoT2000 puede enviar datos a AWS IoT y utilizar otros servicios de AWS para implementar soluciones de IoT. (Kranz, 2016)



Fig. 9.- Amazon Web Services (AWS) Amazon.com

- Microsoft Azure IoT: Azure IoT es una plataforma en la nube de Microsoft para el desarrollo y la administración de soluciones de IoT. Se puede ver el logo del mismo en la fig.10. El Simatic IoT2000 se puede conectar a Azure IoT Hub para enviar y recibir datos, y se pueden utilizar otros servicios de Azure, como Azure IoT Central y Azure IoT Edge, para habilitar diferentes funcionalidades de IoT. (Kranz, M., 2016)



Fig. 10.- Microsoft Azure IoT Suite Microsoft.com

Estos son varios ejemplos de servicios en la nube que se pueden utilizar junto con el Simatic IoT2000. La elección del servicio dependerá de los requisitos específicos de la aplicación y de las preferencias del usuario. (Hanes, D., & Salgueiro, G. , 2017)

2.3.5. Seguridad en el IoT2000:

(Hsu, H-H., & Chang, C-Y., 2020) La seguridad es un aspecto crítico en las aplicaciones de IoT. El Simatic IoT2000 proporciona funcionalidades de seguridad que garantizan la protección de los datos y la integridad de las comunicaciones. Algunas de las características principales de seguridad que se incluyen son:

- Autenticación y autorización: El IoT2000 admite diferentes mecanismos que sirven para la autenticación y autorización del control al acceso de los dispositivos y servicios conectados, lo que permite es garantizar que solo los usuarios aprobados o autorizados puedan interactuar con el sistema y acceder a los datos.
- Encriptación de datos: El IoT2000 utiliza la encriptación como una técnica para la protección de la confidencialidad de los datos que transitan para el usuario. Las comunicaciones seguras se pueden establecer utilizando protocolos como TLS (Transport Layer Security) para garantizar que los datos transmitidos no sean interceptados ni alterados por terceros no autorizados. (Hsu, H-H., & Chang, C-Y., 2020)



Fig. 11.- Encriptación de datos siemens.com

- Actualizaciones de seguridad: Siemens proporciona actualizaciones de firmware y software para el IoT2000 con el fin de abordar las vulnerabilidades de seguridad conocidas y mejorar la protección del sistema.

Es importante mantener el IoT2000 actualizado con las últimas actualizaciones de seguridad para garantizar un entorno seguro.

Estas son algunas de las características de seguridad del Simatic IoT2000, mostramos en la fig.12. Y es importante tener en cuenta que la seguridad en el IoT es un proceso continuo y complejo. Se recomienda implementar buenas prácticas de seguridad adicionales, como el uso de contraseñas seguras, la segmentación de redes y el monitoreo de eventos de seguridad. (Russell, B., Van Duren, D., & Sammons, J., 2016)



Fig. 12.- IoT2000 Autores

2.3.6. Escalabilidad y flexibilidad:

(Hafner, 2017) El Simatic IoT2000 es altamente escalable y flexible, lo que permite adaptarse a diferentes aplicaciones y requisitos. Algunas características relacionadas con la escalabilidad y flexibilidad son:

- **Conectividad ampliable:** El IoT2000 cuenta con una variedad de interfaces de comunicación, como Ethernet, RS232, RS485 y USB, que permiten la conexión con una amplia gama de dispositivos y sistemas. Además, es posible ampliar las capacidades de conectividad mediante el uso de módulos de expansión adicionales.

- Capacidades de procesamiento: El IoT2000 está equipado con un procesador potente que le permite realizar tareas de procesamiento de datos y ejecutar aplicaciones de forma eficiente. Dependiendo de los requisitos de la aplicación, es posible seleccionar diferentes variantes del IoT2000 con diferentes capacidades de procesamiento. (Hafner, 2017)
- Flexibilidad de configuración: El Simatic IoT2000 se puede configurar y adaptar a través de software para cumplir con los requisitos específicos de la aplicación. Esto incluye la configuración de los protocolos de comunicación, la definición de las interfaces de E/S y la personalización de las funciones y comportamientos del dispositivo.
- Integración con sistemas existentes: El IoT2000 se puede integrar fácilmente con sistemas existentes en un entorno industrial, como PLC, SCADA y sistemas de control. Esto permite la recopilación de la data desde diferentes fuentes y su posterior procesamiento y análisis. (Hafner, 2017)

La figura 13, la escalabilidad y flexibilidad del Simatic IoT2000 lo hacen adecuado para una amplia gama de aplicaciones, desde proyectos pequeños y simples hasta soluciones más complejas y distribuidas. (Kranz, 2016)

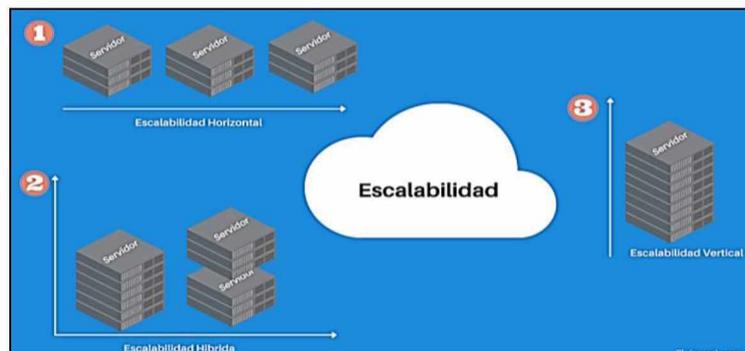


Fig. 13.- Escalabilidad y Flexibilidad del IoT2000 *siemens.com*

2.3.7. Soporte y comunidad:

Siemens proporciona soporte técnico para el Simatic IoT2000 a través de su red de distribuidores y socios. Además, existen líneas que funcionan como comunidad y foro para que el usuario pueda compartir conocimientos, hacer preguntas y obtener ayuda de otros usuarios y expertos en el uso del IoT2000. (Hafner, 2017)

Además del soporte oficial de Siemens, muestra y entrega una cantidad de recursos disponibles en la página web oficial, como documentación técnica, tutoriales y ejemplos de proyectos, que pueden ayudar a los usuarios a aprender y aprovechar al máximo las capacidades del Simatic IoT2000.

2.4. HMI Industriales

Las interfaces hombre-máquina (HMI) son elementos de interacción entre los operadores y los sistemas automatizados. Los fundamentos de HMI incluyen principios de diseño ergonómico y usabilidad en ámbitos industriales, como la organización y presentación de información, el uso de colores y símbolos, y la retroalimentación táctil y auditiva. Como se puede observar en la fig. 14 (siemens, 2023)



Fig. 14.- HMI industriales siemens.com

Las HMI tienen un rol importante en las decisiones y en la comunicación efectiva entre los operadores y los sistemas automatizados. Una HMI bien diseñada mejora la eficiencia y la seguridad de los procesos industriales al proporcionar información clara y

relevante, permitir una interacción intuitiva y ofrecer funciones de supervisión y control precisas.

2.5. Programadores Lógicos Programables (PLC)

Un programador lógico programable o también conocido comúnmente como PLC es un dispositivo electrónico que se utiliza para controlar y automatizar procesos industriales, que tiene una unidad central de procesamiento (CPU), una memoria programable, entradas y salidas digitales y analógicas, y una interfaz de programación. Los PLC se programan utilizando lenguajes de programación específicos, como el lenguaje de escalera (Ladder Logic) y el lenguaje de bloques de función (Function Block Diagram). (siemens, 2023)

La comunicación entre un PLC y una HMI es primordial para la revisión, supervisión y el control de los procesos industriales. Existen protocolos comunes de comunicación, como Modbus, OPC (OLE for Process Control) y Ethernet/IP, que permiten la transferencia de datos y comandos entre el PLC y la HMI. La integración de datos entre el PLC y la HMI implica la configuración de etiquetas y variables compartidas para garantizar una sincronización adecuada. (siemens, 2023)

A continuación se puede apreciar el PLC en la fig. 15



Fig. 15.- PLC S7 1200 siemens.com

2.6. Computación en la Nube

Es un modelo de prestación de servicios de tecnología de la información que permite el acceso bajo demanda a recursos compartidos como servidores, almacenamiento y aplicaciones a través de Internet. Los modelos de servicios en la nube incluyen infraestructura como servicio (IaaS), plataforma como servicio (PaaS) y software como servicio (SaaS). La computación en la nube se caracteriza por su escalabilidad, flexibilidad y precios de pago por uso. (siemens, 2023)

La integración de la nube en la Industria 4.0 ofrece ventajas significativas, tales como el almacenamiento y procesamiento no solo eficaz sino también eficiente de grandes volúmenes de datos industriales, el acceso remoto a información y servicios, la colaboración en tiempo real y la capacidad de análisis avanzado. Sin embargo, también plantea retos en la seguridad de datos, privacidad, cumplimiento normativo y dependencia de la conectividad a Internet, Se puede observar en la fig.16

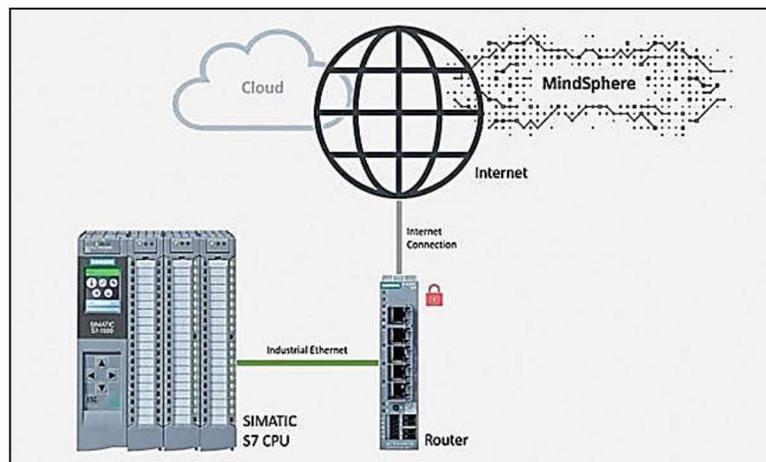


Fig. 16.- Nube Siemens MindSphere siemens.com

2.7. Bases de Datos en el contexto Industrial

En la industria se utilizan varios modelos de bases de datos, incluidas bases de datos relacionales, bases de datos NoSQL y otros modelos especializados. Mientras que las bases de datos relacionales utilizan tablas y relaciones estructuradas, las bases de datos NoSQL son más flexibles y escalables y se utilizan para almacenar datos no estructurados o semiestructurados. La elección del modelo de base de datos depende de los requisitos específicos del sistema y de la aplicación industrial. (siemens, 2023)

Estas bases de datos cumplen un papel fundamental en la Industria 4.0 al permitir el almacenamiento eficiente y la recuperación de datos en tiempo real cosa que se busca en la actualidad. Además, las bases de datos industriales facilitan el análisis de datos para obtener información y conocimientos valiosos. En la fig17. Se observa la aplicación de bases de datos en la Industria 4.0 implica consideraciones como la gestión de la integridad y seguridad de los datos, la optimización del rendimiento y la escalabilidad de la base de datos.

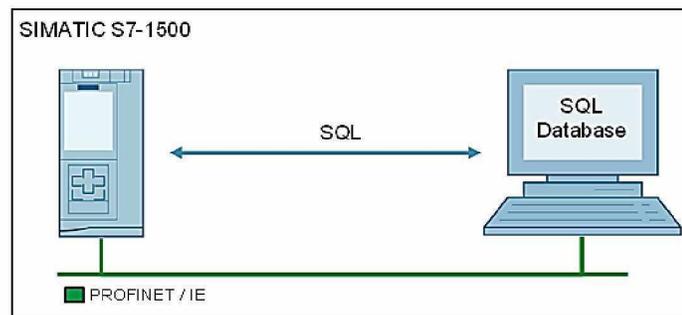


Fig. 17.- Base de Datos SQL siemens.com

2.8. Desarrollo de Software en la Industria 4.0

Las metodologías ágiles son enfoques flexibles y colaborativos para el desarrollo de software que se adaptan bien a los proyectos de la Industria 4.0. Estas metodologías se basan en principios como la entrega iterativa e incremental, la colaboración cercana con los interesados, la retroalimentación continua y la adaptabilidad a los cambios. Las metodologías ágiles permiten una mayor eficiencia y calidad en el desarrollo de software en aspectos industriales complejos y dinámicos. (siemens, 2023)

DevOps es considerada una filosofía que tiene un conjunto de prácticas que promueve la colaboración entre los equipos de desarrollo de software y operaciones para lograr una entrega continua y confiable del software. La continua integración es una práctica clave de DevOps que implica la integración frecuente de cambios de código en un repositorio central, seguida de pruebas automáticas y despliegue automatizado. Estas prácticas permiten una mayor agilidad y eficiencia en el desarrollo de software en la Industria 4.0.



Fig. 18.- Desarrollo de Software para la industria 4.0 siemens.com

2.9. Integración y Estándares en HMI Industriales

Existen estándares de interfaces industriales que proporcionan pautas y especificaciones para el diseño y la implementación de HMI en ambientes industriales. Varios ejemplos de estándares son el ANSI/ISA-101.01-2015, que establece principios de diseño para la interfaz humano-máquina en sistemas de automatización y control, y el IEC 61131-3:2013, que define un estándar para los lenguajes de programación de control de sistemas industriales. (siemens, 2023)

La integración de sistemas en áreas industriales requiere consideraciones especiales para garantizar la interoperabilidad y el flujo de datos eficiente. Las estrategias de integración incluyen el uso de estándares de comunicación, como OPC (OLE for Process Control), y la adopción de arquitecturas de referencia, como la Arquitectura de Referencia RAMI 4.0. Además, el desarrollo de HMI que cumpla con los estándares industriales es fundamental para una integración exitosa en la Industria 4.0. (siemens, 2023)

3. METODOLOGÍA

Se presenta la metodología utilizada para el desarrollo y simulación de las interfaces hombre-máquina (HMI) industriales basadas en la plataforma 4.0. Estas interfaces permiten el control y visualización de señales digitales y analógicas, el envío de variables a la nube y el registro mediante una base de datos.

3.1. Diseño del Entorno de Simulación

En esta sección, se detalla el diseño y configuración del entorno de simulación utilizado para emular el sistema industrial y las interfaces hombre-máquina en un entorno virtual.

3.1.1. Selección de Herramientas de Simulación

Para garantizar la efectividad y precisión del entorno de simulación, se llevó a cabo un riguroso proceso de selección de herramientas. Se consideraron diversos aspectos, como la compatibilidad con la plataforma 4.0 y la capacidad de modelar señales digitales y analógicas con alta fidelidad. Las cuales se seleccionaron las siguientes herramientas:

- **TIA Portal V17**

Esta herramienta se eligió el entorno de desarrollo principal debido a sus capacidades avanzadas de programación y configuración. El TIA Portal V17 (significa Totally Integrated Automation Portal y es la versión no actualizada pero autorizada para trabajar con simulación) permite la

programación de bloques de funciones y proporciona una interfaz en la cual se pueden visualizar los datos en tiempo real.

- **Simulador de PLC S7-1200**

Para emular el comportamiento del controlador en el entorno de simulación, se utiliza un simulador del PLC S7-1200 (habilitado en la versión 17 de Tia Portal). Esta herramienta permite probar y depurar la lógica de control sin necesidad de contar con un hardware físico, lo cual agiliza el proceso de desarrollo.

- **Simulador de Interfaces HMI**

Con el objetivo de simular la interacción con el sistema industrial, se empleó un simulador de interfaces hombre-máquina. Esta herramienta facilita el diseño y la prueba de la interfaz de usuario virtual, así como la visualización en tiempo real de los datos relevantes.

3.2. Desarrollo del Modelo de Control

En esta sección, se explica en detalle el desarrollo del modelo de control utilizado para regular variables analógicas en el sistema simulado.

3.2.1. Implementación del Control en la Simulación

La implementación del algoritmo de control en el entorno de simulación se llevó a cabo utilizando el potente lenguaje de programación proporcionado por el TIA Portal V17. Se configuraron con precisión los parámetros, de acuerdo con los requerimientos específicos del proceso de mezcla de pintura.

Adicionalmente, en la fig.19 se puede observar que se estableció una comunicación fluida y bidireccional entre el controlador y las variables analógicas del sistema simulado. Esto permitió que el controlador ajustara automáticamente las señales de control con el fin de mantener las variables dentro

de los rangos deseados, generando así un control de alta precisión y respuesta rápida.

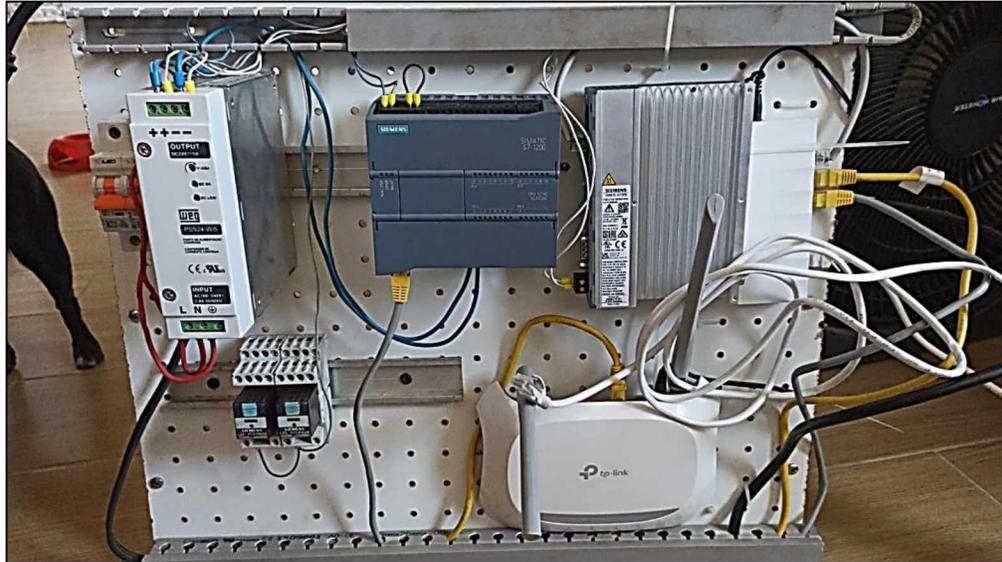


Fig. 19.- Módulo de implementación

3.3. Diseño de la Interfaz HMI Virtual

En esta sección, se describe minuciosamente el proceso de diseño y desarrollo de la interfaz hombre-máquina virtual. Esta interfaz desempeña un papel clave al permitir la interacción con el sistema simulado y la visualización de datos en tiempo real, guardado o enviados a la nube mediante el IoT y el router.

3.3.1. Diseño de la Interfaz de Usuario Virtual (UI)

El diseño de la interfaz de usuario virtual se llevó a cabo siguiendo rigurosos principios de usabilidad y experiencia de usuario. Se consideraron múltiples aspectos, como la disposición adecuada de elementos gráficos y controles, la selección de colores y fuentes, y la creación de una estructura visualmente agradable y funcional.

Mediante el uso de las herramientas de diseño gráfico y programación disponibles en el TIA Portal V17 (significa Totally Integrated Automation

Portal), se crearon pantallas y controles interactivos que brindan una experiencia de usuario intuitiva. Se garantizó que la interfaz permitiera la configuración de parámetros del proceso de mezcla, la visualización en tiempo real de variables relevantes, la identificación y visualización de alarmas, y el control manual de la operación, entre otras funcionalidades.

3.3.2. Implementación de la Visualización de Datos en Tiempo Real

La implementación de la visualización de datos en tiempo real en la interfaz HMI virtual se realizó mediante una estrecha integración entre esta y el simulador del PLC S7-1200 (que en este caso es uno DC/DC/DC). Se estableció una comunicación fluida y confiable entre la interfaz HMI y las variables del proceso simulado, lo que permitió la monitorización y visualización en tiempo real de variables clave.

Se utilizaron técnicas y herramientas avanzadas de visualización de datos para presentar la información de manera clara y comprensible. Se diseñaron gráficos, indicadores y tablas que facilitan la interpretación rápida y precisa de los datos mostrados en la interfaz. Además, se implementan mecanismos de actualización automática para garantizar que la información presentada siempre refleje el estado actual del sistema simulado, considerando el proceso de mezclado de pinturas a través de un color establecido.

3.4. Integración de Funcionalidades 4.0

En esta sección, se describe detalladamente cómo se logró la integración de las funcionalidades de la plataforma 4.0 en el entorno de simulación.

3.4.1. Envío de Variables a la Nube en la Simulación

Para habilitar el envío de variables a la nube en la simulación, se utilizó un módulo IoT conectado al regulador de voltaje. Este módulo IoT desempeñó un

papel fundamental al recopilar las variables del proceso de mezcla de pintura y enviarlas a través de una conexión segura a la nube.

A continuación se puede visualizar en la fig.20 como se configuraron cuidadosamente los parámetros de comunicación para garantizar la integridad y confidencialidad de los datos transmitidos. Se estableció una conexión estable y confiable con la plataforma 4.0, lo que permitió el envío continuo de variables para su almacenamiento y análisis remoto. Esta integración con la nube brinda una serie de beneficios, como la posibilidad de acceder a los datos desde cualquier ubicación y la capacidad de realizar análisis avanzados para optimizar el rendimiento del sistema.



Fig. 20.- Módulos de registro de datos

3.4.2. Registro de Datos en una Base de Datos Virtual

El registro de datos en una base de datos virtual se implementó dentro del entorno de simulación utilizando una base de datos Python. Se han desarrollado estructuras de bases de datos apropiadas para almacenar datos de manera

organizada y eficiente. Se establece una conexión bidireccional entre el simulador de PLC y la base de datos virtual, permitiendo el almacenamiento y análisis histórico de información relevante sobre el proceso de mezcla de colores.

Se han implementado consultas y algoritmos eficientes para garantizar un acceso rápido y preciso a los datos registrados. Las bases de datos virtuales brindan la capacidad de realizar análisis retrospectivos y extraer información valiosa para la toma de decisiones y la mejora continua del sistema. Además, la implementación en un entorno virtual evita los costos asociados con el mantenimiento y la gestión de una base de datos física.

La metodología utilizada para el desarrollo y simulación de interfaces hombre-máquina industriales basadas en la plataforma 4.0 incluye un diseño cuidadoso del entorno de simulación, implementación precisa del controlador, diseño detallado y desarrollo de la interfaz HMI virtual y 4.0 Integraciones: funciones como enviar variables a la nube y registrar datos en una base de datos virtual. Se utilizaron herramientas de última generación, como TIA Portal V17, PLC y simuladores HMI, y se desarrollaron lógica y algoritmos sofisticados para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema simulado.

3.5. Programación en Tía Portal V17

3.5.1. Segmentos y DataBlocks

Segmento 1: Lectura de Fecha y Hora

El primer segmento del programa se encarga de la lectura de la fecha y hora del sistema. Este segmento permite habilitar los valores correspondientes en la pantalla, para visualizar la fecha y hora actual. Utiliza variables y direcciones de memoria específicas para almacenar y actualizar esta información, como lo describe la fig.21.



Fig. 21.- Segmento 1 de Lectura de fecha y Hora

Segmento 2: Control de Llenado y Medición del Medidor de Color Azul

En el segundo segmento, se encuentra el bloque encargado del control del llenado y medición del medidor de color azul. Este bloque se encarga de procesos como el encendido y apagado del sistema, el llenado del tanque, la parada del llenado y el reseteo del medidor. Además, se definen variables asociadas al nivel del tanque, la dosificación encendida y el valor del medidor. Se utilizan variables booleanas y direcciones de memoria específicas para el intercambio de información, como se aprecia en la fig.22.

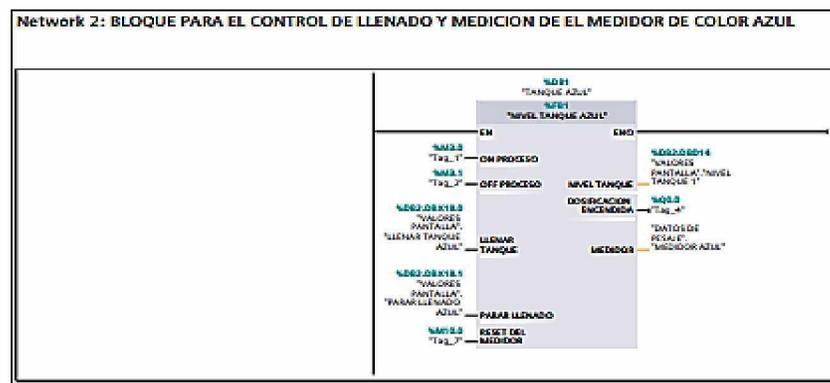


Fig. 22.- Segmento 2 de bloque para el control de llenado y medición del medidor de color azul

Segmento 3: Control de Dosificación de Pintura

En el tercer segmento, se encuentra el bloque encargado del encendido y apagado del sistema de dosificación de pintura. Este bloque define los procesos ON y OFF para controlar el funcionamiento del sistema. Se utilizan variables booleanas para representar el estado de encendido y apagado, así como variables reales para el

nivel del tanque y los medidores de color. También se definen variables estáticas para realizar operaciones como sumar y restar, y se utiliza un temporizador para controlar ciertos intervalos de tiempo, como muestra la fig.23.

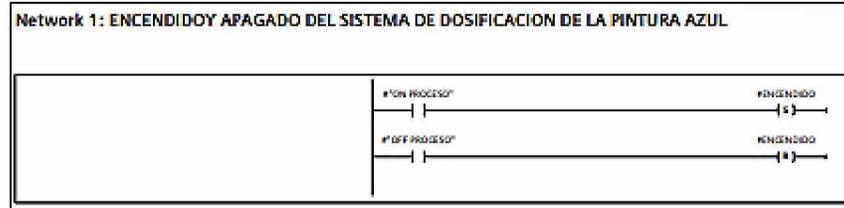


Fig. 23.- Segmento 3 de dosificación de pintura

Segmento 4: Funciones de Control de Procesos

En el segmento 4 se encuentran definidas las funciones de control de procesos adicionales. Estas funciones pueden incluir operaciones como mezclar colores, calcular dosificaciones o realizar acciones específicas en el sistema de automatización. Cada función se estructura de acuerdo con los requisitos y lógica del proceso en cuestión. Como se muestra en la fg.24

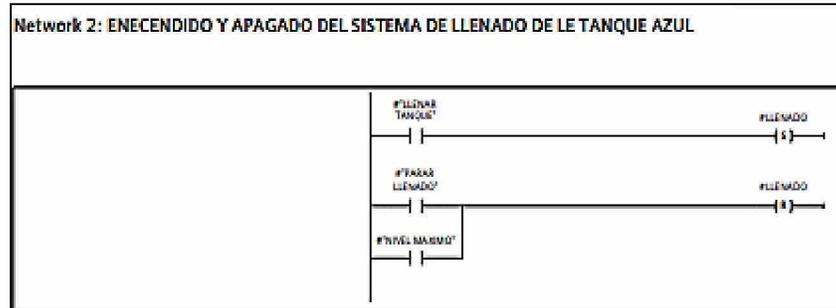


Fig. 24.- Segmento 4 de control de procesos

Segmento 5: Control de Ciclos y Temporizadores

El segmento 5 se dedica al control de ciclos y temporizadores en el programa. Aquí se utilizan marcas de ciclo y temporizadores para controlar las secuencias de ejecución y los intervalos de tiempo en diferentes partes del programa. Estas herramientas son fundamentales para garantizar la sincronización adecuada de los procesos y asegurar el funcionamiento eficiente del sistema. Como se muestra en la fg.25

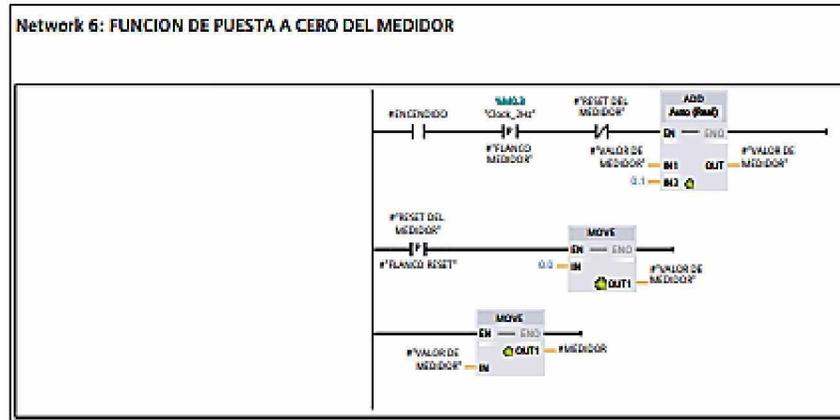


Fig. 25.- segmento 5 de control de ciclos y temporizadores

Datablock 2: Almacenamiento de Fecha y Hora del PLC

En el datablock 2 se almacenan los datos relacionados con la fecha y hora del PLC. Estos datos incluyen el año, mes, día, semana, hora, minuto, segundos y (ns). El datablock 2 proporciona los valores actualizados de la fecha y hora para su visualización en la pantalla. Como se muestra en la fig.26

VALORES PANTALLA (DB2)								
VALORES PANTALLA Properties								
General								
Name	VALORES PANTALLA	Number	2	Type	DB			
Numbering	Automatic							
Information								
Title		Author		Comment				
Version	0.1	User-defined ID						
Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessi-ble from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint
▼ Static								
▼ FECHA_HORA_DE_PLC	DTL	0.0	DTL1970-01-01 00:00:00	False	True	True	True	False
YEAR	UInt	0.0	1970	False	True	True	True	False
MONTH	UInt	2.0	1	False	True	True	True	False
DAY	UInt	3.0	1	False	True	True	True	False
WEEKDAY	UInt	4.0	5	False	True	True	True	False
HOUR	UInt	5.0	0	False	True	True	True	False
MINUTE	UInt	6.0	0	False	True	True	True	False
SECOND	UInt	7.0	0	False	True	True	True	False
NANOSECOND	LDInt	8.0	0	False	True	True	True	False
RET_VAL	Int	12.0	0	False	True	True	True	False
NIVEL_TANQUE_1	Real	14.0	0.0	False	True	True	True	False
LLENAR_TANQUE_AZUL	Bool	18.0	false	False	True	True	True	False
PARAR_LLENADO_AZUL	Bool	18.1	false	False	True	True	True	False

Fig. 26.- DataBlock 2

Datablock 3: Recetas y Control del Nivel del Tanque

En el datablock 3 se encuentran almacenadas las recetas y variables relacionadas con el control del nivel del tanque. Este datablock contiene información sobre los colores base utilizados en el proceso, como el color azul, rojo, amarillo y blanco, junto con su nombre y registro correspondiente. En la fg.27 son los datos utilizados para el control de la dosificación y la medición del nivel del tanque.

RECETAS [DB3]								
RECETAS Properties								
General								
Name	RECETAS	Number	3	Type	DB			
Numbering	Automatic							
Information								
Title		Author		Comment				
Version	0.1	User-defined ID						
Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessi-ble from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint
▼ Static								
▼ COLORES BASES								
COLOR AZUL	Real	0.0	0.0	True	True	True	True	False
COLOR ROJO	Real	4.0	0.0	True	True	True	True	False
COLOR AMARILLO	Real	8.0	0.0	True	True	True	True	False
COLOR BLANCO	Real	12.0	0.0	True	True	True	True	False
NOMBRE	String	16.0	''	True	True	True	True	False
REGISTRO	String	272.0	''	True	True	True	True	False

Fig. 27.- DataBlock 3

Datablock 4: Datos de Pesaje y Medidores de Color

En el datablock 4 se almacenan los datos de pesaje y los valores de los medidores de color. En la fg.28 este datablock contiene variables reales que representan los medidores de cada color, como el azul, rojo, amarillo y blanco. Estas variables se utilizan para el proceso de dosificación y control del nivel del tanque.

DATOS DE PESAJE [DB4]								
DATOS DE PESAJE Properties								
General								
Name	DATOS DE PESAJE	Number	4	Type	DB			
Numbering	Automatic							
Information								
Title		Author		Comment				
Version	0.1	User-defined ID						
Name	Data type	Start value	Retain	Accessi-ble from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	
▼ Static								
MEDIDOR AZUL	Real	0.0	False	True	True	True	False	
MEDIDOR ROJO	Real	0.0	False	True	True	True	False	
MEDIDOR AMARILLO	Real	0.0	False	True	True	True	False	
MEDIDOR BLANCO	Real	0.0	False	True	True	True	False	

Fig. 28.- DataBlock 4

3.5.2. Pantalla HMI

En la fg.29 el Primer screen:

- Cuatro tanques de diferentes colores (blanco, amarillo, rojo y azul).
- Cada tanque tiene una válvula asociada.
- Botones para diferentes acciones, como "Salir", "Llenar tanque", "Parar llenado", "Activar receta" y "Encendido/Apagado".



Fig. 29.- HMI principal

En la fig. 30 el segundo screen:

- Visualización del nombre de la receta seleccionada.
- Datos para grabar relacionados con la receta, como tiempos, cantidades, temperaturas, etc.
- Opciones para ajustar los valores de los datos de la receta.

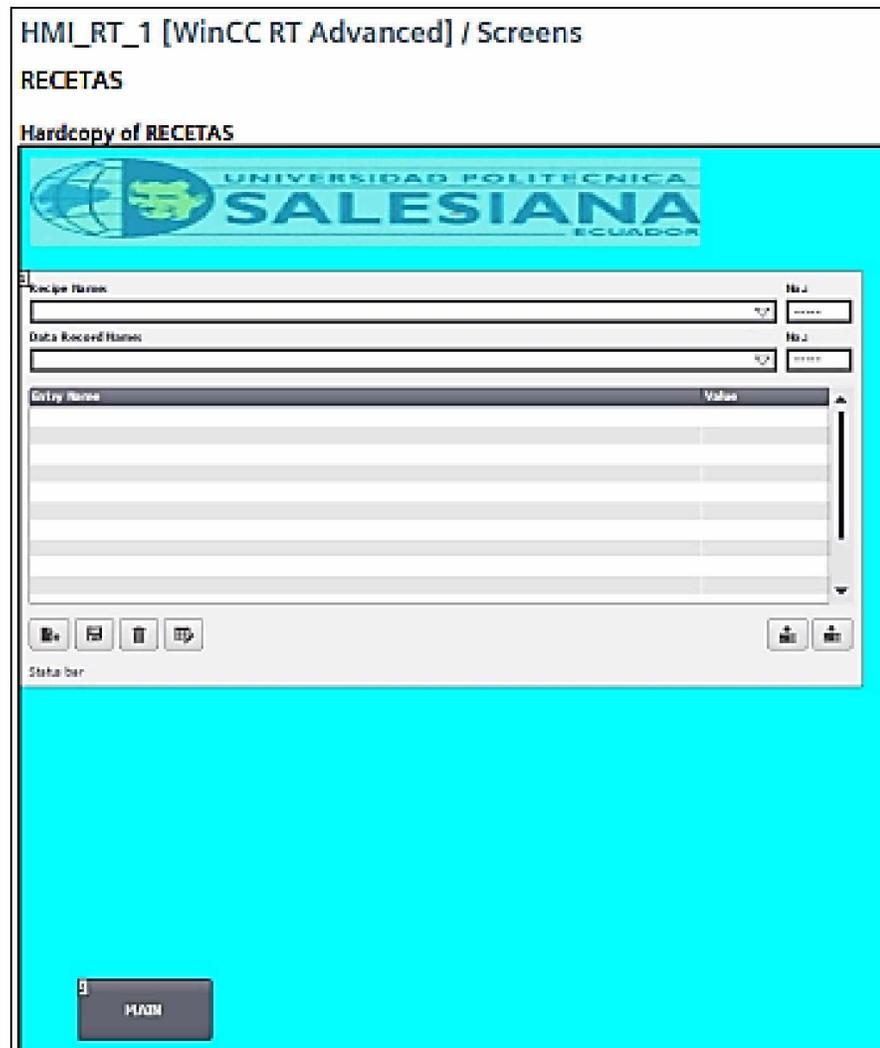


Fig. 30.- Segundo Screen

Tercer screen:

- Gráfica para mostrar visualmente las variables relevantes relacionadas con la mezcla en los tanques.
- La gráfica puede representar las tendencias y cambios en tiempo real de las variables, como nivel de líquido, temperatura, pH, etc.

4. PRÁCTICA

4.1. Realización de la práctica de campo Resultados

Tabla 1.- Práctica de campo de Resultados

		FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO / TALLERES / CENTROS DE SIMULACIÓN – PARA DOCENTES
CARRERA: Ingeniería Electrónica		ASIGNATURA: Automatización Industrial
NRO. PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: Desarrollo y Simulación de mezclado de pinturas
OBJETIVOS: OBJETIVO GENERAL. <ul style="list-style-type: none"> ● Desarrollar y simular una interfaz hombre-máquina (HMI) industrial en una plataforma 4.0 para el control de señales digitales y analógicas, así como para la integración con la nube y el registro en una base de datos. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none"> ● Configurar un entorno de simulación en una plataforma 4.0 que permita el desarrollo de una interfaz HMI para el control de señales digitales y analógicas. ● Establecer la comunicación efectiva entre la interfaz HMI simulada y los dispositivos virtuales que representan señales digitales y analógicas. ● Mantener el sistema simulado operativo, asegurando que las variables de interés se mantengan dentro de los rangos deseados para la práctica. ● Utilizar la interfaz HMI simulada para visualizar y controlar señales digitales y analógicas en el sistema virtual, observando su respuesta a las acciones realizadas desde la interfaz. <p>Simular el envío de variables generadas en el sistema simulado a una plataforma en la nube, verificando que la transmisión de datos se realice correctamente y que la información sea almacenada adecuadamente.</p>		
INSTRUCCIONES:		Configurar el Entorno de Simulación HMI en la Plataforma 4.0.
		Establecer la Comunicación con los Dispositivos Virtuales.
		Mantener el Sistema Simulado Operativo.

<p>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Visualización y Control de Señales Digitales y Analógicas: Utilizar la interfaz HMI simulada para visualizar y controlar señales digitales y analógicas en el sistema virtual, observando cómo responden a las acciones realizadas desde la interfaz. <p>Envío de Variables a la Nube: Simular el envío de variables generadas en el sistema simulado a una plataforma en la nube, verificando que la transmisión de datos se realiza correctamente y que la información es almacenada de manera adecuada.</p>
<p>RESULTADO(S) OBTENIDO(S):</p> <p>Eficiencia en el Control y Visualización de Señales: Como resultado de la práctica, se observará que la interfaz HMI permite un control eficiente de las señales digitales y analógicas, así como una visualización clara y precisa de los datos del sistema simulado.</p>
<p>CONCLUSIONES:</p> <p>Capacitación en el Desarrollo y Uso de HMI en la Plataforma 4.0: La práctica demuestra que los participantes adquieren habilidades para desarrollar y utilizar interfaces hombre-máquina en contextos virtuales basados en la plataforma 4.0, facilitando el control y monitoreo de sistemas industriales.</p>
<p>RECOMENDACIONES:</p> <p>Mantenimiento de la Integración con la Nube y la Base de Datos: Se recomienda verificar periódicamente la integración con la nube y la base de datos para asegurar que la transmisión y almacenamiento de datos se realice de manera óptima y sin interrupciones.</p>

5. CRONOGRAMA

Se proporciona un desglose detallado de la programación semanal de las distintas fases y procedimientos contemplados en la ejecución del proyecto técnico. De esta manera, se presenta de forma sistemática la planificación temporal para la realización del trabajo,

indicando las tareas a realizar en los diferentes puntos de control a lo largo de los meses trabajados.

Tabla 2.- Cronograma de Actividades

		DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE HMI INDUSTRIALES BASADO EN LA PLATAFORMA 4.0 CONTROL DE SEÑALES DIGITALES Y ANALÓGICAS, ENVÍO DE VARIABLES A LA NUBE, REGISTRO MEDIANTE BASE DE DATOS															
		Cronograma de Actividades															
		NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO			
		SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Análisis de información																
2	Analizar el estado del arte sobre el desarrollo de plataformas basadas en la industria 4.0 mediante una revisión sistemática de documentos científicos.																
3	Construcción de capítulo 1																
4	Capítulo 1																
5	Capítulo 2																
6	Revisión de Borrador por Tutor																
7	Prueba de estudio																
8	Definir los requerimientos del diseño para la implementación de variables en la nube.																
9	Capítulo 3																
10	Capítulo 4																
11	Revisión de Borrador por Tutor																
12	Implementar ventanas dinámicas tipo HMI industriales para el control y monitoreo de variables generadas por PLC.																
13	Revisión de Borrador por Tutor																
14	Recopilar los datos obtenidos y generar una base de datos para la revisión de datos en el tiempo.																
15	Revisión de Borrador por Tutor																

6. PRESUPUESTO

Dado que el proyecto se lleva a cabo en un entorno simulado y dentro de los límites presupuestarios establecidos, se han considerado los siguientes costos relacionados con la adquisición virtual de equipos y otros recursos necesarios para la simulación. Esto incluye

los derivados de la realización de reuniones de trabajo virtuales, la adquisición de materiales y los gastos asociados a la visualización de resultados y la presentación final del proyecto de titulación.

Tabla 3.- Presupuesto

		DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE HMI INDUSTRIALES BASADO EN LA PLATAFORMA 4.0 CONTROL DE SEÑALES DIGITALES Y ANALÓGICAS, ENVÍO DE VARIABLES A LA NUBE, REGISTRO MEDIANTE BASE DE DATOS		
N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR POR UNIDAD	VALOR TOTAL
1	PLC S7 1200	1	\$ 550,00	\$ 550,00
2	MÓDULO IoT2000	1	\$ 450,00	\$ 450,00
3	FUENTE DE 110V	1	\$ 150,00	\$ 150,00
4	ROUTER HUAWEI	1	\$ 30,00	\$ 30,00
5	SWITCH DE 8 ENTRADAS	1	\$ 10,00	\$ 10,00
6	REGLETA	1	\$ 5,00	\$ 5,00
7	MICROCHIP DE 8GB	1	\$ 6,00	\$ 6,00
8	ESTRUCTURA	1	\$ 50,00	\$ 50,00
9	CABLE ETHERNET (10MTS)	1	\$ 25,00	\$ 25,00
10	BRECKERS (2 POLOS 10 AMPERIOS)	2	\$ 10,00	\$ 20,00
VALOR FINAL				\$ 1.296,00

7. CONCLUSIONES

Se realiza un análisis exhaustivo del estado del arte sobre el desarrollo de plataformas basadas en la industria 4.0, a través de una revisión sistemática de documentos científicos. Este análisis permitió obtener una visión clara de las tecnologías y enfoques actuales en el

campo, brindando una base sólida para el diseño e implementación de HMI industriales basados en la plataforma 4.0.

Se definen los requerimientos necesarios para el diseño e implementación de variables en la nube. Estos requerimientos incluyeron aspectos de seguridad, escalabilidad, eficiencia y capacidad de almacenamiento. Al considerar estos aspectos, se logró desarrollar un sistema robusto y confiable que permitió el envío de variables a la nube para su posterior análisis y utilización en procesos de toma de decisiones.

Se implementan ventanas dinámicas tipo HMI industriales para el control y monitoreo de variables generadas por PLC. Estas ventanas proporcionaron una interfaz intuitiva y eficiente para que los operadores interactuaran con los sistemas automatizados, brindando información en tiempo real sobre el estado de las variables y permitiendo el control y ajuste de los procesos de manera precisa.

Se recopilaron los datos generados por el sistema y se generó una base de datos que permitió la revisión y análisis de datos en el tiempo. Esto proporcionó una visión histórica de las variables y permitió identificar patrones, tendencias y posibles mejoras en los procesos industriales.

8. RECOMENDACIONES

Continuar investigando y actualizándose en el campo de la industria 4.0 y el desarrollo de HMI industriales. Dado que este campo está en constante evolución, es importante mantenerse al día con las últimas tecnologías, estándares y mejores prácticas. Esto permitirá aprovechar nuevas oportunidades y optimizar aún más los procesos industriales.

Realizar pruebas piloto y validaciones en ambientes industriales reales. Aunque se han realizado simulaciones y pruebas en condiciones controladas, es esencial llevar a cabo implementaciones a escala real en ambientes industriales para evaluar la viabilidad y el rendimiento del sistema en situaciones prácticas. Esto ayudará a identificar posibles desafíos y ajustes necesarios para una implementación exitosa.

Establecer medidas de seguridad robustas para proteger los datos y garantizar la integridad del sistema. Dado que la implementación de variables en la nube implica el almacenamiento y el intercambio de datos sensibles, es crucial diseñar y aplicar medidas de seguridad adecuadas para evitar posibles vulnerabilidades y garantizar la confidencialidad y la protección de la información.

Fomentar la colaboración entre la industria y la academia. La implementación de HMI industriales basados en la plataforma 4.0 requiere un enfoque multidisciplinario y la colaboración entre diferentes actores, incluyendo investigadores, ingenieros, operadores de plantas industriales y proveedores de tecnología. Promover la colaboración y el intercambio de conocimientos entre estos actores puede impulsar la innovación y la adopción de soluciones más eficientes en el ámbito industrial.

9. BIBLIOGRAFIA

- actus. (21 de marzo de 2020). *Actus*. Recuperado el 04 de marzo de 2024, de Actus: <https://www.actus.today/iot/>
- Al-Turjman, F. (2017). Internet of Things for Smart Cities: Technologies, Big Data and Security. *Internet of Things for Smart Cities: Technologies, Big Data and Security*.

- Buyya, R. D. (2016). Internet of Things: Principles and Paradigms. *Internet of Things: Principles and Paradigms*.
- Chen, L., Kapoor, S., & Nugent, C. . (2018). Internet of Things for Healthcare Technologies. *Internet of Things for Healthcare Technologies*.
- CIC CONSULTING INFORMÁTICO. (23 de NOVIEMBRE de 2022). *CIC.ES*. Recuperado el 04 de MARZO de 2024, de CIC.ES: <https://www.cic.es/industria-40-revolucion-industrial/>
- Gumaei, A., & El Saddik, A. (2017). Industrial Internet of Things (IIoT): Challenges, Opportunities, and Directions. *Industrial Internet of Things (IIoT): Challenges, Opportunities, and Directions*.
- Hafner, H.-J. (2017). Siemens IoT2020 & IoT2040: A Practical Starter Guide to Industrial IoT Development. *Siemens IoT2020 & IoT2040: A Practical Starter Guide to Industrial IoT Development*.
- Hanes, D., & Salgueiro, G. . (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things. *IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things*.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2020). Design principles for industry 4.0 scenarios: A literature review and an outlook on emerging research. *Design principles for industry 4.0 scenarios: A literature review and an outlook on emerging research*. Journal of Industrial Information Integration, 17, 100120.
- Hsu, H-H., & Chang, C-Y. (2020). Big Data Analytics for Sensor-Network Collected Intelligence. *Big Data Analytics for Sensor-Network Collected Intelligence*.
- Klein, S. (2016). IoT Solutions in Microsoft's Azure IoT Suite: Data Acquisition and Analysis in the Real World. *IoT Solutions in Microsoft's Azure IoT Suite: Data Acquisition and Analysis in the Real World*.
- Kranz, M. (2016). Building the Internet of Things. *Building the Internet of Things*.
- Kranz, M. (2016). Building the Internet of Things: Implement New Business Models, Disrupt Competitors, Transform Your Industry. *Building the Internet of Things: Implement New Business Models, Disrupt Competitors, Transform Your Industry*.
- Lord, C. J. (2017). Industrial Internet of Things Made Easy. *Industrial Internet of Things Made Easy*.

- Porter, M., & Heppelmann, J.E. (2020). How smart, connected products are transforming companies. *How smart, connected products are transforming companies*. Harvard Business Review, 98(2), 97-108.
- Robinson, A. (2019). IoT Solutions with the Micro:bit: Internet of Things with the Most Popular Kids' Coding Device. *IoT Solutions with the Micro:bit: Internet of Things with the Most Popular Kids' Coding Device*.
- Russell, B., Van Duren, D., & Sammons, J. (2016). Practical Internet of Things Security. *Practical Internet of Things Security*.
- Sharma, S.K., Kumar, N., & Kumar, A. (2021). A comprehensive review of industry 4.0 and its framework for sustainable manufacturing. *A comprehensive review of industry 4.0 and its framework for sustainable manufacturing*. Journal of Cleaner Production, 277, 123354.
- siemens. (12 de abril de 2023). *siemens.com*. Obtenido de siemens.com: siemens.com
- Universidad de Salamanca. (28 de enero de 2020). *Universo Abierto*. Recuperado el 04 de marzo de 2024, de Universo Abierto: <https://universoabierto.org/2020/01/28/industria-4-0-y-espacios-creativos/>

10. ANEXOS

- 10.1. Programación Ladder de segmentos y datablocks
- 10.2. Programación de HMI remoto
- 10.3. Base de datos recopilados