



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER

Título del proyecto:
Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para dispositivos electrónicos inteligentes integrados en una red smartwire-dt através de una plataforma web
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable.
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería Industria y Construcción
Autor/a:
Zapata Segovia Cristhian Fernando
Tutor/a:
PhD. Mayory Urdaneta

Quito – Ecuador

2024

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, PhD. Mayory Urdaneta con C.I: 1759316126 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para dispositivos electrónicos inteligentes integrados en una red smartwire-dt a través de una plataforma web

Elaborado por: Zapata Segovia Cristhian Fernando, de C.I: 1716331002, estudiante de la Maestría: Electrónica y Automatización: de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 11 de marzo del 2024

Firma

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, Zapata Segovia Cristhian Fernando con C.I: 1716331002, autor del proyecto de titulación denominado: Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para dispositivos electrónicos inteligentes integrados en una red smartwire-dt a través de una plataforma web. Previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 11 de marzo del 2024

Firma

Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	2
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	3
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
1.1. Contextualización general del estado del arte	5
1.2. Proceso investigativo metodológico	6
CAPÍTULO II: PROPUESTA	8
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	8
2.1.1 Descripción del sistema de monitoreo	9
2.1.2 Elementos de control propuestos para el sistema de monitoreo	10
2.1.3 Periféricos de entrada	11
2.1.4 Periféricos de salida	12
2.1.5 Plataforma Grafana	12
2.2 Descripción de la propuesta	13
2.3 Validación de la propuesta	20
2.4 Matriz de articulación de la propuesta	21
2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	22
CONCLUSIONES	25
RECOMENDACIONES	26
BIBLIOGRAFÍA	27
ANEXO 1	28

Índice de tablas

Tabla 1. Validadores	20
Tabla 2. Matriz de articulación	21

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de bloques de Sistema de monitoreo	13
Figura 2. Colocación de dispositivos sobre red SmartWire-DT	14
Figura 3. Ponchado de dispositivos SmartWire	14
Figura 4. Dispositivos electrónicos inteligentes interconectados sobre red smartwire	15
Figura 5. Configuración de Gateway SmartWire	15
Figura 6. Configuración en Studio 5000	16
Figura 7. Valores de estados de dispositivos electrónicos	17
Figura 8. Información a ser representada en HMI	17
Figura 9. Presentación de plataforma web	18
Figura 10. Implementación de dispositivos electrónicos inteligentes en panel	22
Figura 11. Arquitectura en bus implementada en Smart wire	22
Figura 12. Pantalla de HMI para monitoreo local	23
Figura 13. Presentación de plataforma web	23
Figura 14. Sistema de monitoreo corriendo	24
Figura 15 Identificación de alarma de componente integrado en la red Smart Wire	24
Figura 16. Respuesta de comunicación entre dispositivos y plataforma web	25

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

En la actualidad la industria petrolera busca la optimización del uso de sus recursos, por lo que conocer en tiempo real el estado de los equipos eléctricos que se encuentran alojados dentro de gabinetes o armarios que permiten la protección y control de las cargas dentro de cualquier planta facilitará el análisis de energía, mejorará la confiabilidad y seguridad de cualquier sistema. Dentro de los recintos se encuentran interruptores, contactores, relés térmicos, arrancadores suaves, variadores de velocidad, controladores lógicos programables, etc. que permiten la custodia de la energía y el control de una planta para una aplicación en particular, por lo que conocer su comportamiento en tiempo real desde cualquier parte del mundo facilitará a los usuarios a prevenir fallas, reducir tiempo de mantenimiento, evitar accidentes y mejorar la producción si fuese el caso.

La supervisión humana en plantas industriales, centros de monitoreo, infraestructuras puede resultar costosa, laboriosa y potencialmente propensa a errores. Aquí entra a colación un sistema de monitoreo especializado diseñado para garantizar un funcionamiento óptimo y una respuesta rápida ante cualquier anomalía o fallo en los sistemas eléctricos.

Los equipos eléctricos de última generación tienen la posibilidad de conectarse uno al otro formando una red que permite la transmisión de información entre sí y a la vez pueden enviar paquetes de información a un concentrador que llevará a cabo el almacenamiento, procesamiento y transferencia de datos. Este sistema consta de una serie de dispositivos y sensores instalados estratégicamente dentro de cada gabinete eléctrico. Los dispositivos han sido construidos para medir una gran cantidad de parámetros eléctricos, como el voltaje, la corriente, la temperatura y la humedad, entre otros.

La parte de hardware del sistema incorpora todos los dispositivos inteligentes dentro del gabinete interconectados, y el software instalado en el concentrador de información permite la recopilación continua de datos en tiempo real de cada dispositivo y los transmite a una nube para su respectivo monitoreo a través de un aplicativo web. La nube incorpora algoritmos avanzados que analizan datos, para poder determinar alarmas, históricos, generar reportes, etc. además de permitir desplegar dashboard con alta calidad para que la interfaz sea amigable con el usuario.

Además de la detección de fallos, el sistema de monitoreo también puede proporcionar información valiosa para la planificación y el mantenimiento preventivo. Por ejemplo, puede identificar tendencias a largo plazo en el rendimiento de los equipos, lo que permite programar intervenciones de mantenimiento antes de que ocurran problemas graves.

En resumen, un sistema de monitoreo de sistemas eléctricos en gabinetes ofrece una solución integral para garantizar la fiabilidad, seguridad y eficiencia de la infraestructura eléctrica crítica, al tiempo que reduce los costos operativos y minimiza el riesgo de tiempo de inactividad no planificado.

Problema de investigación

La intervención humana durante la supervisión de funcionamiento de equipos eléctricos de protección y control dentro de una fábrica ha venido desencadenando varios problemas serios como son:

Detección tardía de fallas en la operación: La falta de supervisión de los componentes eléctricos que se encuentran instalados dentro de un gabinete o tablero puede provocar que los procesos paren debido a alguna falla no identificada oportunamente (sobrecargas, cortocircuitos, fallos de componentes), esto no ha permitido tomar acciones preventivas antes de que sucedan imprevistos.

Mantenimientos inoportunos: Debido a que no existen monitoreos continuos del estado de los equipos eléctricos, no se puede realizar una planificación adecuada de mantenimientos preventivos y predictivos. Esto no ha permitido disminuir tiempos de inactividad de procesos y aumentar la productividad de procesos.

Eficiencia energética nula: El no poder conocer el consumo de energía y el desempeño de los equipos eléctricos no se ha podido enfocar mejoras de eficiencia energética y disminuir costos operativos.

Eventos desafortunados: Al no poder detectar y responder de manera ágil a condiciones anormales como sobrecalentamientos de dispositivos o fluctuaciones de voltaje, no se ha podido prevenir la ocurrencia de eventos de emergencia que pueden desencadenar en daños en equipos o interrupciones en el suministro de energía.

Seguridad: Cuando un proceso es supervisado por humanos siempre existe el riesgo de la existencia de un accidente. Al no disponer de un sistema de monitoreo no se puede identificar

fugas de corriente o arcos eléctricos presentes dentro de una envolvente, que podría representar grandes amenazas para el personal dentro de una organización.

Incumplimientos de normativas: Al no existir información constante de parámetros eléctricos dentro de un proceso disminuye la posibilidad de cumplir normativas y regulaciones.

Por todas las razones presentadas anteriormente surge la necesidad de monitorear los dispositivos eléctricos que se encuentran dentro de envolventes, con el fin de aumentar la seguridad de personal, optimización energética, cumplimiento de normas, programación eficaz de mantenimientos, etc.

El costo de la implementación de un sistema de monitoreo de dispositivos inteligentes podría resultar muy económico, ya que se utilizarán equipos sofisticados que cumplen funciones de altas prestaciones a bajos costos. La plataforma web desplegada para poder realizar seguimiento de dashboards, alarmas, históricos, etc. está estructurada en software abierto por lo que hace que el proyecto se enfoque en la expertis del desarrollador y con esto evitar el pago de licencias.

Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo para dispositivos electrónicos inteligentes integrados en una red smartwire-dt através de una plataforma web

Objetivos específicos

- Determinar los componentes que formarán parte del sistema de monitoreo
- Diseñar una interfaz gráfica intuitiva para que el sistema de monitoreo sea amigable con los usuarios.
- Implementar a nivel de hardware y software el sistema de monitoreo para dispositivos inteligentes integrados en una red smartwire-dt.
- Realizar pruebas del sistema de monitoreo.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

El proyecto de investigación beneficiara a usuarios finales que tienen dispositivos electrónicos afiliados a redes smartwire-dt, ya que podrán incorporar sus equipos a un sistema de monitoreo que les ayudará a supervisarlos de manera más efectiva e intuitiva a través de una plataforma web.

Las empresas que implementen este sistema podrán modernizar la eficiencia operativa al gestionar dispositivos que cumplen con características de maniobra y control de forma

centralizada y tiempo real. Esto vendrá de la mano de disminución de costos, planificación de mantenimientos y optimización de recursos.

Los investigadores y desarrolladores que ejecutan trabajos en el campo de smartwire-dt, sistemas de exposición de datos y plataformas web se verán beneficiados del conocimiento entregado por este proyecto, así como de la topología, herramientas y métodos aplicados para el desarrollo de este proyecto.

La implementación favorable de este proyecto puede abonar con el mejoramiento de tecnologías en el área de automatización, el internet de las cosas (IoT) y le gestión de la eficiencia energética en diversos procesos. Esto puede generar impactos de gran relevancia a la sostenibilidad, el crecimiento y mejorar la calidad de vida de las personas de la sociedad en general.

El desarrollo tiene un potencial alto de beneficiar a un amplio espectro desde individuos en general, empresas y sectores industriales de todo tipo, al saber que se podrá mejorar la eficiencia y gestión de equipos integrados dentro de una red Smartwire-dt.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

El diseño e implementación de un sistema de monitoreo para dispositivos electrónicos inteligentes integrados en una red SmartWire-DT a través de una plataforma web se encuentra en la vanguardia de la tecnología de monitoreo remoto y gestión de datos en tiempo real. A continuación, se presenta un resumen del estado del arte en este campo:

El sistema de monitoreo por web ha sido utilizado en proyectos anteriores enfocando la toma de datos de sensores interconectados a través de una red inalámbrica. Para esto se debió programar a los sensores como nodos con el sistema especial TinyOS en conjunto con un lenguaje de programación especializado nesC y concentrar toda la información en una estación central. Toda esta información adquirida por cada uno de los sensores es recopilada en una base de datos MySQL para posteriormente ser desplegada gracias a un sistema PHP (Solano, 2018).

La comunicación entre dispositivos electrónicos inteligentes en una red SmartWire-DT representa una mejorada infraestructura de envío y recepción de información donde integra tecnología digital con equipos industriales. La tecnología del cable Smart wire posibilita la transmisión de datos y la alimentación eléctrica de cada uno de los dispositivos que integran la red de manera simultánea, haciendo que la instalación pueda ser realizada por cualquier persona disminuyendo costos. Una de las mayores ventajas que presenta el sistema Smart wire es la disminución de espacio en el montaje de equipos, esto ha hecho que los envoltentes se vuelvan más pequeños (Cazorla, 2020).

La existencia de proyectos que permiten obtener información duradera del estado de varios factores que determinan el funcionamiento de un vehículo ha permitido a los usuarios programar de manera oportuna mantenimientos preventivos / correctivos reduciendo accidentes de tránsito, daños inoportunos de los autos y seguridad de manejo. Para el diseño de dichos sistemas se han contemplado muchos parámetros como son: el tipo de tecnología de transmisión, la forma de obtener los datos y los servicios para poder visualizar la información. Existen diversas formas de establecer comunicación, una de las que se han utilizado ha sido la tecnología GSM/GPRS para la transmisión de datos adquiridos. Los principales beneficiarios de proyectos como estos son taxis, buses y la sociedad en general (Wong, 2021).

Se ha desarrollado un trabajo de investigación en el que trata del monitoreo web para disyuntores en redes inteligentes, donde se describe a los dispositivos y las características de la plataforma desarrollada, concentrándose en el monitoreo en tiempo real de breakers de alta y

baja capacidad distribuidos en la red. El trabajo trata de desafíos técnicos durante el levantamiento de la plataforma y en el mismo los autores detallan como fueron superados. También se detallan bondades como la eficiencia operativa, detección eficaz de fallas en los breakers y la capacidad de optimización de la gestión de la red (Chen, 2020).

El trabajo de investigación monitoreo y diagnósticos en tiempo real de equipos eléctricos en sistemas energéticos, se centra en una plataforma que permite mostrar información y dar diagnósticos de equipos eléctricos/electrónicos críticos, para la predicción y optimización de mantenimientos preventivos. El trabajo presenta resultados y casos de éxito para comprobar la fiabilidad del sistema. En síntesis, el artículo da una visión minuciosa de como las plataformas web pueden ser provistas para implementar sistemas de monitoreo y diagnósticos en tiempo real para equipos eléctricos con el objetivo de aumentar la confiabilidad, eficiencia y protección de sistemas de protección y control (Chen L. W., 2020).

La aplicación IoT propuesto en el proyecto de investigación para el monitoreo de consumo eléctrico residencial identifica un modelo completo para la presentación gráfica de equipos que intervienen en el sistema. La lectura de sensores, identificación de datos, procesamiento del equipo modelo raspberry y visualización de parámetros en plataforma abierto da una connotación general de como los equipos se interconectan hasta que sus datos lleguen a una plataforma web y puedan ser presentados (Toapanta, 2022).

La industria 4.0 más conocida como tecnología de digitalización de fábricas, con los objetivos de vinculación, desarrollo, aplicación y análisis de información en el ciberespacio, reduce barreras logísticas, recibiendo información en línea, y con esto poder tomar decisiones adecuadas para la disminución de costos, tratamiento de información y análisis de datos para que las industrias sean más eficientes y tengan menos parada en sus procesos (Narváez, 2023).

1.2. Proceso investigativo metodológico

La perspectiva de investigación para el tema "Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para dispositivos electrónicos inteligentes integrados en una red SmartWire-DT a través de una plataforma web" se fundamenta en una combinación de investigación aplicada y desarrollo tecnológico. Esto implica el empleo de conocimientos previos sobre sistemas de monitoreo, equipos electrónicos inteligentes y terminología de red SmartWire-Dt, en conjunto con el desarrollo experimental de una solución técnica específica.

El proyecto de investigación se enfocó en métodos teóricos y prácticos interdisciplinarios para abordar el reto de los desafíos técnicos y conceptuales intrínsecos en este proyecto de

innovación tecnológica. Como plano teórico, se realizó búsquedas sobre principios fundamentales de los dispositivos eléctricos/electrónicos y su capacidad de integrarse en redes industriales, con una perspectiva específica en la tecnología SmartWire-DT. Esto involucro estudiar las características conceptuales y técnicas de dispositivos inteligentes, como su capacidad de interconexión y protocolos de datos, así como entender los principios de funcionamiento de la red SmartWire-DT, insertando su topología, envío/recepción y gestión de datos. Además, se analizó conceptos de desarrollo web y levantamiento de interfaces intuitivas de usuario para garantizar una integración efectiva y adoptar una percepción en la implementación del aplicativo web. En la parte práctica, se utilizó diversas metodologías y técnicas de desarrollo de software para llevar a cabo el sistema de monitoreo. Se empleó una orientación ágil para el desarrollo, lo que permitió una adecuación flexible a medida que se recolectaba y abordaba diferentes facetas técnicas y funcionales del sistema. El desarrollo incluyó la definición de requisitos, el diseño de arquitectura de software, ejecución de funcionalidades, pruebas e iteración continua para modernizar el rendimiento y la confiabilidad del sistema.

Las técnicas de recolección de información incluyeron la revisión de proyectos de investigación similares a la implementación de sistemas de monitoreo, comunicaciones de campo, red SmartWire, plataformas web y dispositivos electrónicos inteligentes para comprender de mejor manera fundamentos teóricos y poder estudiar las mejores prácticas existentes de estos sistemas. La recopilación de información por entrevistas de forma personal con especialistas del área en el campo de sistemas, electrónica y tecnologías de red para encontrar información adecuada sobre requisitos y retos del diseño e implementación del sistema de monitoreo. También la observación de forma directa de sistemas que se encuentran corriendo y la consulta de información en catálogos y manuales de dispositivos proporcionaron valiosos insights para el desarrollo del proyecto de investigación. Este cúmulo de técnicas combinadas permitieron recoger información privilegiada e integral para guiar el diseño e implementación efectiva del sistema de monitoreo propuesto.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados

El mundo actual se encuentra distinguido por un rápido crecimiento en el segmento de digitalización y una acelerada expansión de las tecnologías de la información, la interconexión inteligente de dispositivos electrónicos ha generado una gran incertidumbre en varios sectores de productividad impulsando la eficiencia y la automatización de procesos. Para dar este gran salto tecnológico, se requiere que la industria invierta en soluciones avanzadas de monitoreo y control que puedan acoplarse a su complejidad y escala con el objetivo que en un futuro toda esta inversión sea retribuida con menores gastos operativos, disminución de paradas en plantas industriales, mayor seguridad, etc. En respuesta a varios inconvenientes que han venido desencadenando las industrias debido a la falta de mantenimientos, identificación de errores en dispositivos eléctricos, aumento de accidentes, surge la urgencia de diseñar e implementar un sistema de monitoreo orientado a dispositivos eléctricos/electrónicos inteligentes combinados en una red SmartWire-DT, aprovechando esta tecnología se centraliza la información en un dispositivo potente que permite el envío de información a la nube y así poder desplegar una plataforma web de última generación que permitirá al usuario solucionar los problemas que ha venido identificando. Este proyecto de innovación tecnológica afronta desafíos innatos a la supervisión y gestión de equipos integrados en una red SmartWire-DT, la tecnología propuesta ofrece ventajas significativas como son: eficiencia energética, fiabilidad y facilidad de instalación de equipos dentro de una red. La incorporación de una plataforma web en este proyecto de monitoreo facilitará a los usuarios el acceso remoto a la información del estado de los equipos eléctricos/electrónicos que protegen y controlan a diferentes procesos desde cualquier parte del mundo, permitirá una visualización de alto nivel y en tiempo actual del estado y el rendimiento de los dispositivos, lo que ayudará a una mejor toma de decisiones y resolución de problemas de manera ágil y oportuna. Con esta innovación tecnológica, se busca mejorar a gran escala la gestión y el mantenimiento de los dispositivos electrónicos inteligentes (breakers, pulsadores, contactores, etc), ampliando su rendimiento y dilatando su vida útil. Este proyecto de gran relevancia a nivel tecnológico no solo permitirá un avance representativo en la operatividad y la fiabilidad de las redes de dispositivos inteligentes, sino que también sembrará bases compactas para futuros desarrollos en el campo del monitoreo, control y gestión de sistemas interconectados en la era digital.

2.1.1 Descripción del sistema de monitoreo

Un sistema de monitoreo para dispositivos electrónicos inteligentes integrados en una red SmartWire-Dt a través de una plataforma web es una solución deliñada para supervisar y manejar de manera eficaz a la información de los dispositivos conectados a una red de última tecnología como la es SmartWire-DT.

Este sistema consta de varias partes clave, a continuación, se detalla algunos:

Dispositivos electrónicos inteligentes: Son los equipos que se encuentran integrados en la red SmartWire-DT. Pueden incluir breakers, contactores, relés térmicos, pulsadores, controladores, sensores, actuadores y otros dispositivos que son capaces de comunicarse a través de la red SmartWire-DT.

Red SmartWire-DT: Es la base de comunicaciones que permite la conectividad de todos los dispositivos electrónicos inteligentes. La tecnología facilita la comunicación entre los dispositivos y permite la transmisión (envío/recepción) de datos de forma eficiente, confiable y segura.

Plataforma web de monitoreo: Es la interfaz de última generación a través de la cual los usuarios pueden vigilar y manejar a los dispositivos conectados en la red SmartWire-DT. Esta plataforma web proporciona la visualización del estado en tiempo real de los dispositivos, permite recibir alertas, mostrar históricos y permitir desplegar gráficas intuitivas.

Las características clave de este sistema planteado incluyen:

Visualización en tiempo real del estado de los dispositivos: Todos los beneficiarios del sistema pueden observar la información en tiempo real sobre la condición operativa de los dispositivos que se encuentran incorporados en el sistema, como el estado de encendido/apagado, los valores de los componentes, etc.

Alertas y notificaciones: El sistema tiene la capacidad de notificar alertas automáticas a los usuarios cuando se localizan condiciones irregulares o eventos que necesitan atención en los dispositivos.

Análisis de datos: La plataforma ofrece instrumentos de análisis y supervisión de información que permiten a los supervisores y operarios analizar tendencias, identificar comportamientos irregulares y tomar decisiones ágiles para mejorar la operatividad y el rendimiento de los dispositivos.

2.1.2 Elementos de control propuestos para el sistema de monitoreo

- Red Smart Wire

Esta es una solución de interconexión de cableado última tecnología ofrecida por la marca DT Eaton, que se dedica a soluciones especializadas en equipos eléctricos y soluciones energéticas. Este sistema de comunicación inteligente permite el monitoreo y control avanzado de los sistemas eléctricos en muchas aplicaciones industriales y energéticas.

Esta tecnología tiene la capacidad de integrar tecnología de comunicación y sensores que permiten dar seguimiento en tiempo real al consumo energético, detección temprana de fallas y gestión de consumo. Existen algunos cableados que pueden integrarse hasta el hogar o en edificios para ofrecer un monitoreo a largas distancias

- PLC ControlLogix L306ERM

Dispositivo utilizado en aplicaciones de automatización industrial para supervisar y gestionar información en procesos de plantas industriales. Ofrece varias aplicaciones dentro de la industria, desde tareas muy sencillas hasta el despliegue de sistemas extremadamente complejos.

Algunas características destacadas de los PLC ControlLogix:

Modularidad: Tienen la capacidad de ser configurados con una amplia variedad de elementos de entrada/salida, periféricos que tengan la capacidad de adaptarse a necesidades específicas de cada aplicación.

Comunicación: Soportan la comunicación con una variedad de dispositivos y sistemas, a través de protocolos como EtherNet/IP, ControlNet, y DeviceNet, entre otros.

Programación: Se programan utilizando el software específico RSLogix/Studio 5000, que ofrece un marco de tratamiento intuitivo y potente para la creación de programas según la necesidad de los usuarios.

Capacidad de procesamiento: Tiene la capacidad de procesamiento de alta velocidad según la aplicación por lo que permite la selección de los dispositivos adecuados que intervienen en el sistema.

La Unidad central de procesamiento de los controladores juega un punto fundamental para el procesamiento de información, transmisión de datos a través de redes de comunicación de campo y capacidad de programación aplicada según la necesidad (Cisneros, 2023)

- Gateway SmartWire DT Ethernet/IP EU5C-SWD-EIP-MODTCP

Actúa como una pasarela entre el protocolo SmartWire-Dt y el protocolo Ethernet/IP, se encuentra enfocado en la comunicación bidireccional entre equipos con tecnología SmartWire-DT y controladores compatibles con el protocolo Ethernet/IP.

Algunas de las bondades del Gateway SmartWire-DT Ethernet/IP:

- Comunicación bidireccional
- Integración sin cambios en cableados físicos
- Configuración fácil y rápida
- Compatible con estándares desplegados en la industria
- Mejora la interoperabilidad

2.1.3 Periféricos de entrada

Son componentes imprescindibles en sistemas de automatización industrial y control, debido a que permiten la interacción entre el sistema de control y el entorno físico(exterior). Estos equipos tienen la capacidad de detectar y convertir señales físicas, como voltajes, corrientes, posiciones, variables primarias, señales analógicas o digitales en un sistema de control.

Algunos de los periféricos de entrada son:

- Pulsadores
- Sensores
- Selectores
- Interruptores

2.1.4 Periféricos de salida

Son dispositivos que reciben señales de sistemas de control y las convierten en acciones de proceso en el entorno que se desempeñan. Estos equipos efectúan comandos dados por el sistema de control y controlan actuadores para realizar acciones.

Algunos periféricos de salida son:

- Luces piloto
- Válvulas
- Alarmas sonoras

2.1.5 Plataforma Grafana

Es una plataforma open source que incorpora mediciones, dashboards, logs, entre otras bondades. Además, integra grandes funcionalidades de integración, seguridad y altísimo rendimiento.

Grafana es una herramienta de interfaz que tiene un enfoque para la obtención de datos por medio de consultas, así como también posee almacenamiento y gráficas de última generación para visualización.

Características:

Tiene la capacidad de conectarse a las bases de datos más poderosas a nivel mundial Graphite, Prometheus, Influx DB, Elasticsearch, MySQL, PostgreSQL, etc.

Es una solución libre lo que permite incrementar complementos en las aplicaciones desde cero para integración de datos diferentes.

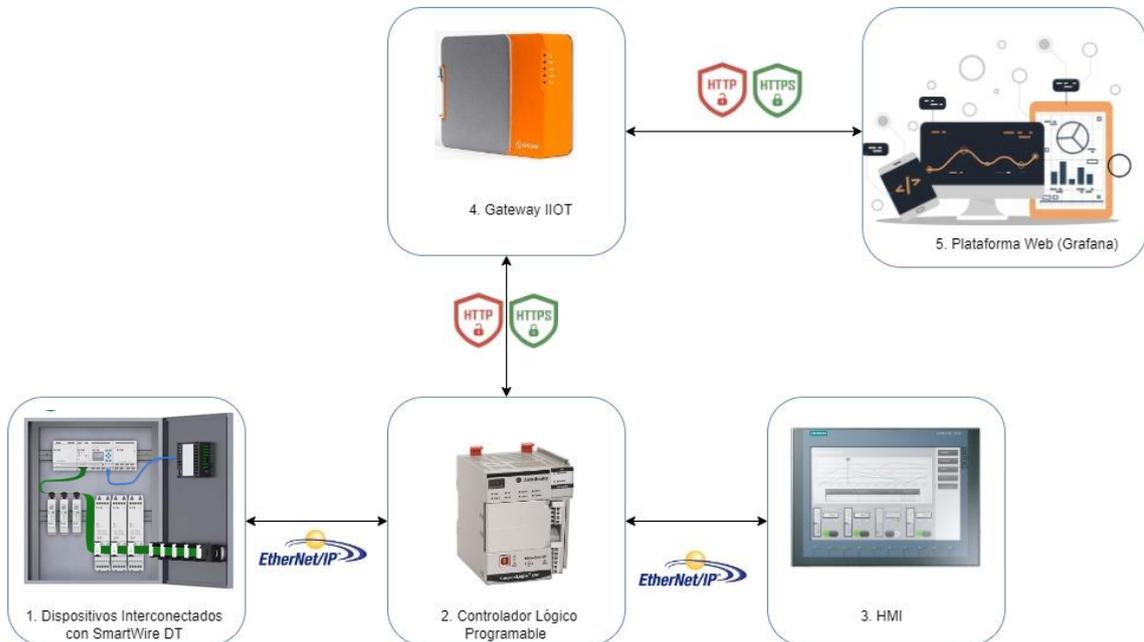
Permite analizar, estudiar y visualizar información en tiempo real dependiendo de la recopilación de datos con ayuda de dispositivos aliados (gateways, PLC, etc).

2.2 Descripción de la propuesta

a. Estructura general

Figura 1

Diagrama de bloques de Sistema de monitoreo



La Figura 1. es una representación gráfica del sistema propuesto, el mismo enfoca desde la conexión de dispositivos por red Smartwire hasta el despliegue de información en el HMI local y la plataforma web propuesta.

b. Explicación del aporte

1.- Dispositivos interconectados con SmartWire-DT: La conexión de equipos a una red Smartwire-DT comprende una serie de pasos específicos para garantizar una comunicación adecuada, eficiente y segura.

- Preparación de dispositivos: Hay que verificar que todos los dispositivos que se van a conectar a la red Smartwire-DT se encuentren sin fallos, preparados y configurados según recomendaciones del fabricante y cumplan con los requisitos de la red. También se debe verificar que cada uno de los equipos se encuentren equipados con el módulo de comunicación compatible con la red Smartwire-DT.

- Instalación física: Cada uno de los dispositivos de comunicación deben ser colocados a lo largo del cable de comunicación y alimentación Smartwire-DT.

Figura 2.

Colocación de dispositivos sobre red SmartWire-DT



La Figura 2. muestra la ubicación de forma estratégica de los dispositivos electrónicos inteligentes.

Figura 3.

Ponchado de dispositivos



La Figura 3. indica la forma adecuada de ponchado de cada uno de los dispositivos de comunicación dentro de la red Smart wire.

Figura 4.

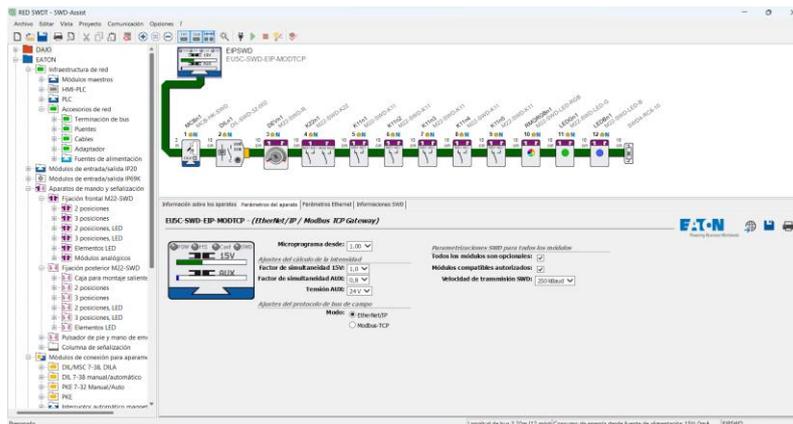
Dispositivos electrónicos inteligentes interconectados sobre red smartwire



Una vez realizado este procedimiento se realiza la conexión de cada uno de los dispositivos de comunicación a los equipos eléctricos que intervienen dentro de la red (luces piloto, pulsadores, selectores, gateway, controlador lógico programable, etc.) como muestra la Figura 4.

Figura 5.

Configuración de Gateway SmartWire DT EU5C-SWD-EIP-MODTCP para envío y recepción de información a través del protocolo Ethernet TCP/IP



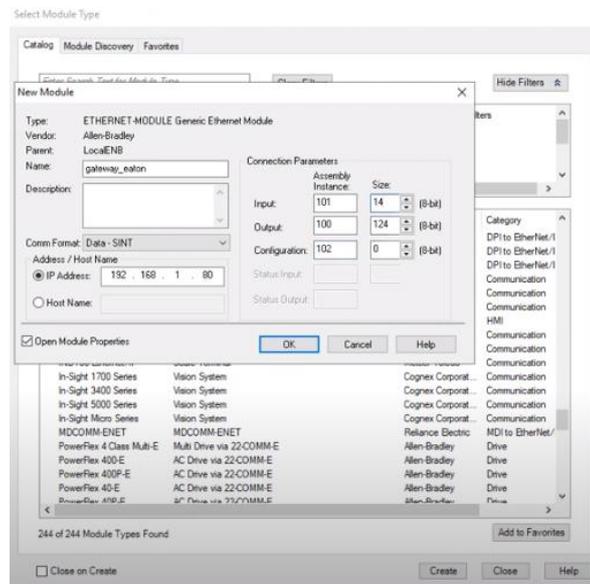
Posteriormente a la conexión física de todos los componentes que intervienen en la red se debe realizar el levantamiento de la red vía software, para esto se utilizó el software SWDT Assist que permite la configuración de cada componente que se encuentra dentro de la red y además permite el envío y recepción de información al controlador lógico programable de marca Allen Bradley por medio de comunicación ethernet TCP/IP como muestra la Figura 5.

2. Controlador lógico programable: Este es un dispositivo reconocido por su fiabilidad y versatilidad en varias aplicaciones industriales. En esta ocasión este equipo tiene la función de poder comunicarse con el Gateway Smartwire a través de comunicación ethernet TCP/IP con el principal fin de leer los registros de cada uno de los dispositivos que se encuentran dentro de la comunicación smartwire-DT, con esto poder procesar la información y enviarla hacia el HMI local y a la plataforma web con el objetivo de mostrar todos los datos de forma gráfica e intuitiva para el usuario.

En este orden de ideas para la recepción de los registros de los dispositivos a través de comunicación TCP/IP se sigue el siguiente procedimiento:

Figura 6.

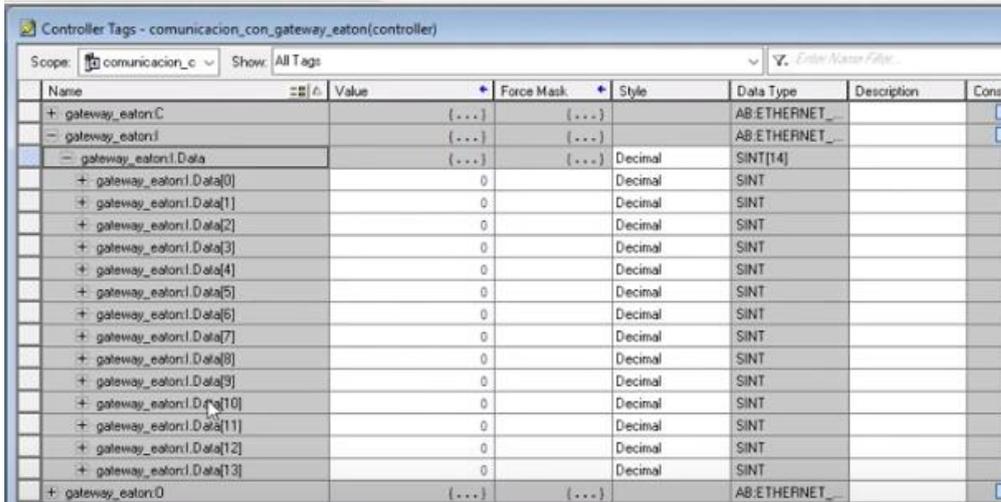
Configuración en Studio 5000 para identificación de Gateway Smart Wire



- Configuración de PLC: Se debe configurar al controlador para que se comunique con el Gateway Smart Wire por Ethernet TCP/IP, esto implica añadir el módulo en el software de programación del PLC (Studio 5000) colocar la dirección IP del Gateway e información adicional como lo muestra la Figura 6.

Figura 7.

Valores de estados de dispositivos electrónicos mostrados en registros



Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description	Const.
+ gateway_eaton.C	(...)	(...)		AB:ETHERNET_...		
- gateway_eaton.I	(...)	(...)		AB:ETHERNET_...		
- gateway_eaton.I.Data	(...)	(...)	Decimal	SINT[14]		
+ gateway_eaton.I.Data[0]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.I.Data[1]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.I.Data[2]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.I.Data[3]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.I.Data[4]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.I.Data[5]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.I.Data[6]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.I.Data[7]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.I.Data[8]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.I.Data[9]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.I.Data[10]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.I.Data[11]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.I.Data[12]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.I.Data[13]	0		Decimal	SINT		
+ gateway_eaton.O	(...)	(...)		AB:ETHERNET_...		

Una vez que el módulo sea reconocido en el software se podrá monitorear los parámetros de todos los dispositivos conectados en la red smartwire, respetando sus registros como muestra la Figura 7.

3.- HMI: Una de las formas de representación gráfica de datos de forma local en este proyecto se la realizó con ayuda de un HMI Siemens de la serie KTP Basic, el cual fue configurado para poder recibir información del PLC Allen Bradley a través de protocolo Ethernet TCP/IP.

Para poder realizar el despliegue de pantallas en el HMI se utilizó al software TIA Portal versión 16, el cual te permite desarrollar gráficos intuitivos para poder mostrar información. Para esto los paquetes de información de cada dispositivo a ser monitoreado llegan a tags que son nombrados e identificados según el tipo de dato con el objetivo de poder manejar esta información.

Figura 8.

Información a ser representada en HMI



(ingelearn.com, 2020)

La Figura 8. indica la pantalla de visualización marca Siemens donde va a ser presentada la información.

4. Gateway IOT: La funcionalidad de este dispositivo es recibir la información del controlador lógico programable y enviarla a una plataforma web. El proceso para conseguir esto se define de la siguiente manera:

- Conexión del PLC al Gateway IOT: Se debe establecer una conexión a nivel físico entre el PLC y el Gateway, esto implica el uso de protocolo de comunicación ethernet TCP/IP

- Configuración del Gateway IOT: En el equipo debe configurarse parámetros de red, como dirección IP, puertos de comunicación, entre otras funcionalidades.

- Programación del Gateway IOT: Se desarrolló un programa dentro del Gateway IOT con ayuda de Red Node para que sea capaz de interpretar la información del PLC y enviar la misma a través de comunicación con HTTP.

5.- Plataforma web (Grafana): El Gateway establece comunicación con la plataforma web a través de HTTPS para él envío de datos recopilados en el PLC de cada uno de los dispositivos a ser monitoreados en tiempo real.

Figura 9.

Presentación de plataforma web desarrollada en grafana (software open source)



Una vez que los datos ya se encuentran en la plataforma web son procesado con el fin de poder visualizar el estado de cada uno de los componentes, desplegar históricos, gráficas, etc. como se puede ver en la Figura 9.

c. Estrategias y/o técnicas

El proyecto enfoca algunas estrategias y técnicas importantes, a continuación, son descritas:

Análisis de requisitos: Se empezó con la interpretación y comprensión de los requisitos del sistema, incluidos los equipos a monitorear, los datos, la frecuencia de actualización, el número de usuarios finales y el fin del sistema de monitoreo. Esta etapa fue fundamental para definir el alcance del proyecto y fijar bases sólidas para el diseño.

Selección de equipos y tecnologías: Este punto se encarga de la identificación de los equipos electrónicos inteligentes que intervendrán en el sistema de monitoreo asegurándose que sean confiables y compatibles con Smartwire DT. En este proceso adicionalmente se definió tecnologías de comunicación entre los dispositivos que intervienen en el proyecto.

Diseño del sistema de transferencia de información: Se definió la arquitectura a considerar para la comunicación entre los componentes, el Gateway IOT, el PLC, el HMI y la plataforma web. Esto implicó la configuración de todos los dispositivos según las necesidades de la red ethernet TCP/IP.

Desarrollo del Gateway IOT: En este punto se definió implementar un Gateway IOT que funciona como intermediario entre los equipos inteligentes, plc y la plataforma web. Este dispositivo es capaz de recopilar la información del controlador, procesarla y enviarla de forma segura a la plataforma web.

Integración con la plataforma web abierta: Se desarrolló una interfaz que utilizó el protocolo http que permite la integración del Gateway IoT con la plataforma web.

Diseño de plataforma: El diseño de una interfaz amigable, intuitiva y de menor complejidad es lo que se trabajó en este punto con el afán que los usuarios puedan acceder, manipular y visualizar la información de forma adecuada. La plataforma permite al usuario el monitoreo de parámetros de cada uno de los dispositivos electrónicos inteligentes en tiempo real, generación de históricos y alarmas personalizadas.

Implementación de seguridad: La seguridad funge un punto fundamental en los sistemas de monitoreo, ya que muchas veces se trabaja con información muy delicada de las empresas, en este caso de los dispositivos electrónicos que manejan procesos de importancia por lo que se debe proteger la integridad y confidencialidad de los datos. Esto incluyó cifrado de datos, usuarios personalizados, entre otras consideraciones.

Pruebas y validación: Realizar las pruebas exhaustivas del sistema de monitoreo donde interviene verificación física de conexión de componentes, comprobación de envío y recepción de información a través de protocolo de comunicación ethernet TCP/IP y por último la validación de la plataforma web juega un punto fundamental en la validación del sistema.

2.3 Validación de la propuesta

Tabla 1.

Validadores

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Wilson Vásconez	30	Ing. Electomecánico	Gerente General TCONTROL S.A
Juan Córdova	18	Ing. Electrónico e Instrumentista	Gerente de Ingeniera de Baker Hughes
Francisco Terán	15	Ing. en Electrónica y Automatización	Jefe de mantenimiento de EP Petroecuador Poliducto

El presente trabajo de investigación fue evaluado por especialista que tienen amplia experiencia en el sector eléctrico e industrial. Los resultados evaluados por este personal fueron muy positivos ya que soluciona varios problemas identificados en la industria y da valores agregados que serán explorados en proyectos que serán analizados a futuro

2.4 Matriz de articulación de la propuesta

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

Tabla 2.

Matriz de articulación

Ejes o partes principales del proyecto		Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1	Selección de componentes que intervendrán en el proyecto	1.1. Análisis de características de los equipos 1.2. Verificación competitiva de costos y factibilidad 1.3. Posibilidad de comunicación de dispositivos	Equipos electrónicos inteligentes Internet de las Cosas Comunicaciones de campo Plataformas web abiertas	La selección adecuada de dispositivos a través del conocimiento de comunicaciones de campo permitió cumplir a cabalidad los requerimientos del sistema
2	Diseño: topología de red, interfaz gráfica de HMI y Plataforma WEB	2.1. Topología de bus SmartWire 2.2. Comunicación ethernet entre equipos 2.3. Despliegue de interfaz gráfica	Descripción gráfica de los equipos que intervienen en el sistema. Programación de gateways y PLC Desarrollo de interfaces gráficas en HMI y plataforma web	Los gateways y PLC fueron programados para cubrir la necesidad de transferencia de datos por medio de ethernet TCP/IP, para que los mismos sean desplegados en interfaces gráficas
3	Implementación: conexión de equipos electrónicos inteligentes en red Smart wire. Intercomunicación entre dispositivos	3.2. Equipos electrónicos inteligentes 3.3. Gateways smartwire, Gateway iot, PLC. 3.4. Instalaciones eléctricas de control o comunicaciones	Cableado smartwire Protocolo de comunicación ethernet TCP/IP	Los equipos electrónicos inteligentes fueron instalados sobre la red Smart wire para el envío y recepción de datos. El PLC es el encargado del envío de información hacia el HMI y Gateway IOT para el despliegue en la plataforma web.

2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

La implementación a nivel hardware y software de este trabajo de investigación se logró con éxito, debido a la perfecta selección de componentes que intervinieron en el proyecto, como son: pulsadores, selectores, luces, potenciómetro, Gateway SmartWire-DT, Controlados lógico programable PLC, Gateway IOT Y HMI

Figura 10.

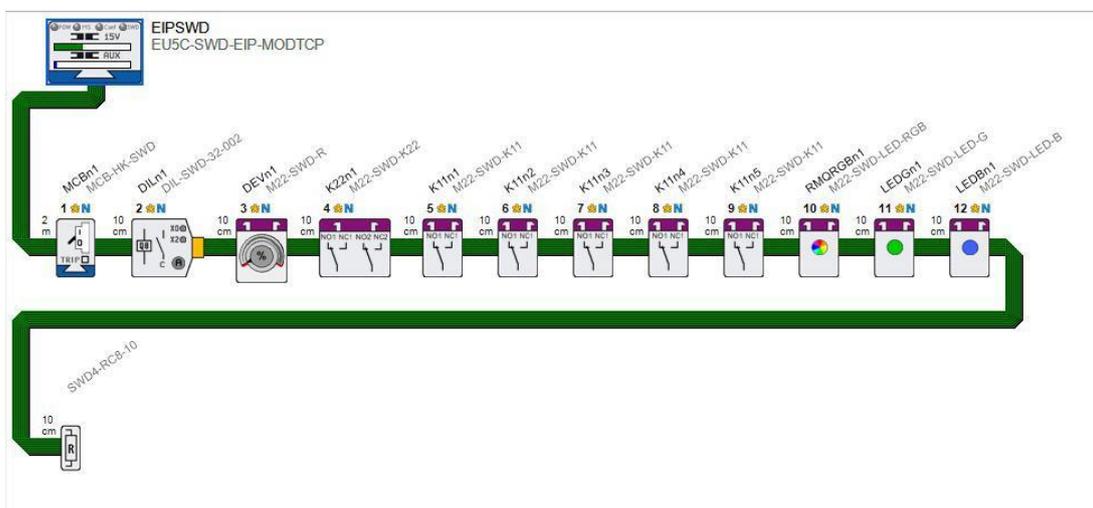
Implementación de dispositivos electrónicos inteligentes en panel



La Figura 10. presentada muestra la implementación real de todos los componentes físicos que intervinieron en el trabajo planteado, los mismos que fueron instalados de acuerdo a la arquitectura de ingeniería planteada, como muestra la Figura 11.

Figura 11.

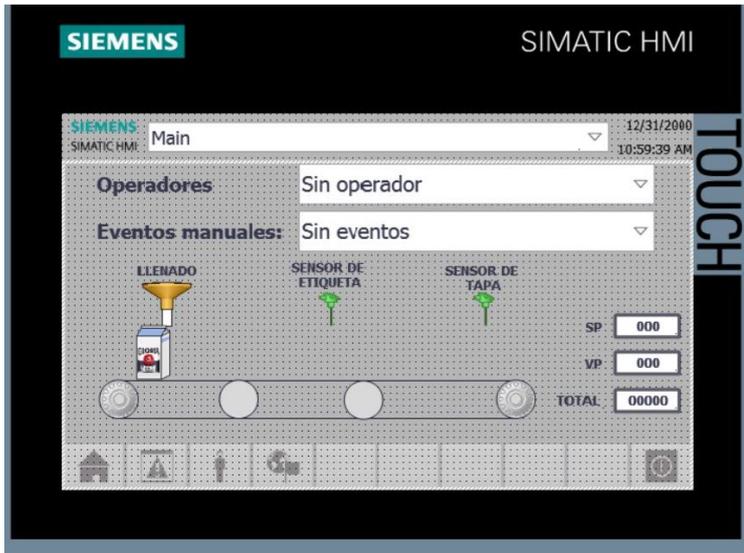
Arquitectura en bus implementada en Smart wire



La Figura 11. muestra la topología de red que tienen los dispositivos “en bus”, la misma que fue interconectada físicamente a través de cable Smart wire-DT e identificada a través del software SWDT-Assist, programa que permitió la identificación de cada uno de los dispositivos y programación del Gateway smartwire para que pueda conectarse al PLC con comunicación ethernet TCP/IP. La programación del controlador lógico programable PLC realizada en el estudio 5000 concedió al dispositivo leer todos los datos enviados desde el Gateway smartwire, poder procesarlos y enviarlos hacia el HMI y Gateway IOT.

Figura 12.

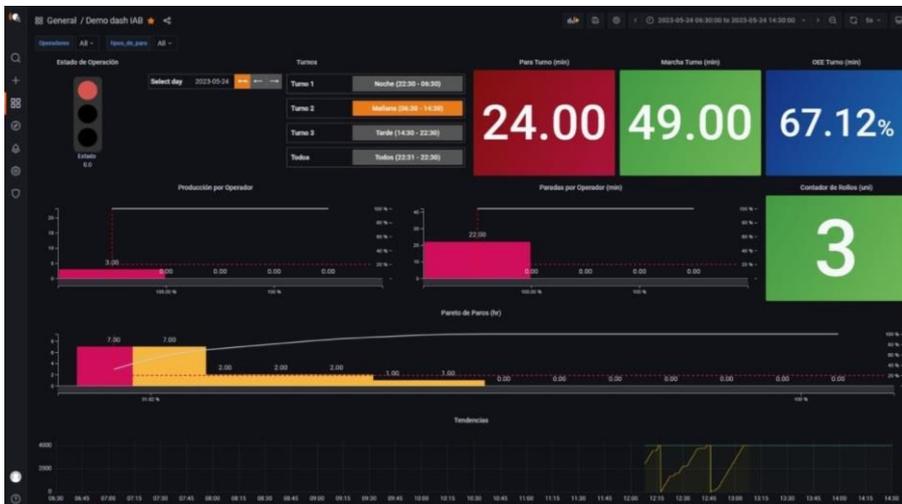
Pantalla de HMI para monitoreo local



El despliegue del HMI Siemens permitirá al usuario realizar un monitoreo local de los componentes como se muestra en la Figura 12.

Figura 13.

Presentación de plataforma web



Finalmente, el despliegue de la información enviada por los dispositivos a ser monitoreados es presentada en la plataforma grafana como muestra la Figura 13. En este desarrollo se muestran los datos de cada uno de los componentes, así como también el despliegue de históricos, alarmas, comentarios, etc.

Figura 14.

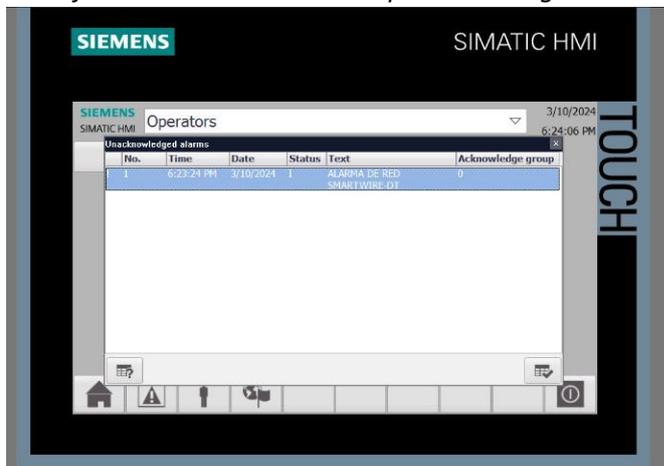
Sistema de monitoreo corriendo



La Figura 14. muestra al sistema energizado, enviando datos de los dispositivos electrónicos inteligentes para su respectiva presentación en el HMI Local

Figura 15

Identificación de alarma de componente integrado en la red Smart Wire



La Figura 15. muestra la imagen de una alarma detectada en tiempo real de uno de los componentes inteligentes que integra la red Smartwire-DT.

Figura 16.

Respuesta de comunicación entre dispositivos electrónicos inteligentes y plataforma web.

```
▼array[1]
  ▼0: array[2]
    ▼0: object
      total_minuts: 6417
      stop_minuts: 1239
      run_minuts: 5179
      fault_counter: 36
    ▼1: object
      machineName: "Maquina Demo"
      plant: "Planta Demo"
      faultName: "Sin falla"
      operatorName: "Operador 1"
      run: true
      data: "general"
```

La Figura 16. muestra la comunicación entre dispositivos electrónicos inteligentes y la plataforma web

CONCLUSIONES

- Al haber seleccionado e identificado muy cuidadosamente los equipos adecuados para el sistema de monitoreo, se sentó bases sólidas para que el diseño y la implementación del sistema y por ende sea exitoso. Esto implicó en comprender de forma adecuada los requisitos del sistema, seleccionar los equipos electrónicos inteligentes compatibles con la tecnología SmartWire-DT, escoger tecnologías de comunicación apropiadas para el proyecto y por último identificar dispositivos adicionales que complementaran al sistema como es el PLC, Gateway IOT, HMI.
- Al haber diseñado una interfaz gráfica intuitiva para el usuario, se priorizó la experiencia de las personas que utilizarán al sistema de monitoreo, lo que permite facilitar la interacción y comprensión del sistema de monitoreo. Esto considero un diseño atractivo y ordenado, con navegación sencilla y elementos visuales claros, que permitan a los usuarios manipular al sistema de manera fácil.
- La implementación a nivel hardware implicó la adquisición, configuración e instalación de equipos físicos inteligentes compatibles con la estructura smartwire DT, así como también el despliegue del Gateway que facilitó la comunicación entre los dispositivos y la plataforma web. Finalmente, la implementación de software involucro varias etapas de desarrollo, configuración e interpretación de programas para que el sistema de monitoreo funcione adecuadamente.

- Durante la fase de pruebas del sistema de monitoreo se pudo evaluar comunicación entre equipos, validación de interfaz gráfica

RECOMENDACIONES

- Se debe continuar evaluando y buscando mejoras de seguridad y eficiencia para que el sistema vaya siendo mucho más robusto con el paso del tiempo.
- Considerar agregar nuevas funcionalidades y características en el sistema para seguir adaptándose a los avances tecnológicos en el campo de dispositivos eléctricos/electrónicos inteligentes, redes smartwire DT y plataforma web.
- Se debe explorar más oportunidades para incorporar el sistema de monitoreo con otras plataformas open sources o pagadas.
- Proporcionar capacitaciones adicionales y soporte permanente a los usuarios del sistema para garantizar su ideal utilización e incrementar su valor para futuras mejoras del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Cazorla, R. (2020). *Solución de cableado inteligente SmartWire-DT*. Obtenido de diof0bc2097ng: https://diof0bc2097ng.cloudfront.net/sites/www.voltimum.es/files/fields/attachment_file/2020_10_smartwire-dt_eaton_voltimum.pdf
- Chen, L. W. (2020). Real-Time Web-Based Monitoring and Diagnostics of Electrical Equipment in Power Systems. *IEEE Transactions on Power Systems*, 12.
- Chen, X. L. (2020). Development of a Web-Based Monitoring Platform for Circuit Breakers in Smart Grids. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 12.
- Cisneros, E. A. (2023). *Diseño e implementación de una fábrica virtual en 3D controlada por HMI y tablero de*. Quito: Universidad Israel.
- ingelearn.com*. (2020). Obtenido de ingelearn.com: <https://ingelearn.com/curso-hmi-siemens-tia-portal/>
- Narváez, E. H. (2023). *Tecnología de chatbot basado en inteligencia artificial para la gestión de procesos académicos de la secretaria del Instituto Superior Tecnológico Tungurahua*. Quito: Universidad Israel .
- Solano, O. F. (2018). Diseño e implementación de una solución de monitoreo remoto vía Internet, para una red inalámbrica de sensores. *IEEE*, 9.
- Toapanta, Á. R. (2022). *Aplicación IoT para el monitoreo de consumo eléctrico residencial utilizando software*. Quito: Universidad Israel.
- Wong, K. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de conectividad para el monitoreo en tiempo real de los sistemas funcionales de un automóvil*. Guayaquil : Bases de la Universidad Politecnica Salesiana.

ANEXO 1

El proyecto de investigación cumplirá con las necesidades y expectativas de empresas que ejecutan procesos productivos con máquinas. Wilson Vásconez gerente de la empresa Tcontrol (Líder en el diseño y fabricación de tableros en Ecuador) manifestó que el proyecto cumple con lo que se ha venido buscando hace muchos años, debido a que reduce el riesgo que las personas sufran un accidente, se puede programar mantenimientos preventivos de equipos eléctricos, el monitoreo de cada uno de los dispositivos es en tiempo real por lo que se puede determinar el estado actual de cada uno y con esto poder garantizar el funcionamiento adecuado de los mismos. Todo esto ha hecho que su aceptación y utilidad en la sociedad sea bueno.

El diseño del sistema de monitoreo se ha centrado en el usuario ya que adopta un enfoque en el que los datos se muestran de forma muy intuitiva, accesibles y fáciles de usar, con colores agradables en el entorno gráfico.

En la empresa Tcontrol se ha entregado información del sistema de monitoreo, así como también se impartió una capacitación a sus empleados del uso del sistema de monitoreo y sus beneficios.

El proyecto ejecutado respeta la intimidad, seguridad y ética, ya que los datos se recopilan con transparencia, se almacenan en un dispositivo donde solo tiene acceso personal calificado y al momento de ser enviado todos estos paquetes de información hacia la nube se lo realiza con todas las condiciones de seguridad.

El proyecto involucro activamente a la sociedad en todas las etapas del proceso, desde la identificación hasta las pruebas, con esto se pudo crear un sistema de monitoreo verdaderamente óptimo, relevante y cumpliendo estándares por la comunidad.