

**Diseño de red industrial NGN para medidores de energía e integración con software para
gestión de energía y análisis de consumo en Diaco planta Tuta**

Gerardo Antonio Triana Leguizamón

Asesor

Christian Fernando Vega Caicedo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Especialización en Redes de Nueva Generación

2024

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado a la compañía Diaco S.A., cuyo compromiso con la innovación y la excelencia ha sido fundamental para el desarrollo de esta iniciativa, aportando recursos económicos y humanos para la gestión de este. Agradezco sinceramente a los ingenieros del equipo de Tecnología de la Información y Mantenimiento Central, quienes aportaron su experiencia y dedicación en cada etapa del proceso.

También extendo mi agradecimiento a todos aquellos que, de manera directa e indirecta, contribuyeron al diseño e implementación efectiva de este proyecto. Su colaboración y esfuerzo han sido cruciales para alcanzar nuestros objetivos y avanzar hacia una gestión energética más eficiente y sostenible.

Resumen

El proyecto tiene como objetivo diseñar una red industrial de nueva generación (NGN) para integrar medidores de energía en la planta Tuta de Diaco S.A., optimizando la gestión de los datos para la mejora energética mediante el uso de fibra óptica, Big Data y software especializado. La propuesta busca superar las limitaciones del monitoreo actual, visual y poco detallado, que no permite análisis en tiempo real; para ello, se implementará una infraestructura híbrida que combinará cableado Ethernet y fibra óptica bajo estándares internacionales. Esta red permitirá recolectar, analizar y gestionar datos energéticos a través de herramientas como SIMANTIC Energy de Siemens e Industrial HiVision de Hirschmann, reduciendo costos operativos y promoviendo la sostenibilidad ambiental. Asimismo, se garantizará la seguridad de la información mediante la segmentación de la red y el uso de firewalls, asegurando la integridad de los datos, además, se contempla la escalabilidad de la red para futuras expansiones y la capacitación técnica del personal, lo que refuerza el compromiso de Diaco S.A. con la innovación tecnológica y la eficiencia energética.

Palabras clave: Red NGN, gestión energética, fibra óptica, Big Data, software SIMANTIC Energy, seguridad en redes industriales.

Abstract

The project aims to design a next-generation industrial network (NGN) to integrate energy meters at the Tuta plant of Diaco S.A., optimizing data management for energy improvement through the use of fiber optics, Big Data, and specialized software. The proposal seeks to overcome the limitations of the current monitoring system, which is visual and lacks detail, preventing real-time analysis. To address this, a hybrid infrastructure will be implemented, combining Ethernet cabling and fiber optics under international standards. This network will enable the collection, analysis, and management of energy data through tools such as Siemens' SIMANTIC Energy and Hirschmann's Industrial HiVision, reducing operational costs and promoting environmental sustainability. Additionally, information security will be ensured through network segmentation and the use of firewalls, protecting data integrity. The network will also be scalable for future expansions, with technical staff training included—strengthening Diaco S.A.'s commitment to technological innovation and energy efficiency.

Keywords: NGN network, energy management, fiber optics, Big Data, SIMANTIC Energy software, industrial network security.

Tabla de Contenido

Introducción	11
Planteamiento del Problema	13
Justificación	15
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco Teórico.....	17
Conceptos Generales.....	17
Otros Conceptos.....	25
Antecedentes	30
Metodología	35
Diseño	38
Red de Comunicación e Infraestructura.....	40
Arquitectura de Red	40
Normativas y Estándares.....	45
Especificaciones Técnicas de la Fibra Óptica.....	47
Distribución Física del Cableado	48
Definición de los Dispositivos de Red.....	49
Seguridad y Cumplimiento	55
Medidores de Energía	58
Software de Gestión de Energía.....	60

	6
Operativos y Mantenimiento.....	63
Costos y Presupuesto	65
Implementación.....	67
Conclusiones	111
Recomendaciones	113
Referencias Bibliográficas	115
Apéndices.....	120

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Requerimientos generales del proyecto</i>	38
Tabla 2 <i>Direcciones de red planta Tuta asignado por el area infraestructura</i>	49
Tabla 3 <i>Presupuesto</i>	66
Tabla 4 <i>Listado de materiales para la instalación de Fibra óptica</i>	68

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Pirámide de automatización</i>	29
Figura 2 <i>Diagrama metodológico</i>	37
Figura 3 <i>Topología de red industrial existente</i>	41
Figura 4 <i>Pirámide de automatización y beneficios sobre la red industrial</i>	43
Figura 5 <i>Fibra óptica Commscope 6 hilos OM4</i>	47
Figura 6 <i>Switch Hirschmann BRS40</i>	50
Figura 7 <i>Módulos de F.O: F Hirschmann M-SFP-SX/LC</i>	53
Figura 8 <i>Red industrial planta Tuta</i>	55
Figura 9 <i>Plano con ruta de distribución de fibra óptica HE a Sub 115 KVA</i>	69
Figura 10 <i>Fusión de Pigtails</i>	70
Figura 11 <i>Buddy fibra óptica Horno eléctrico</i>	71
Figura 12 <i>Buddy fibra óptica Subestación 115 KVA</i>	71
Figura 13 <i>Configuración de direccionamiento IP de medidores de energía</i>	74
Figura 14 <i>Software HiDiscovery</i>	75
Figura 15 <i>Pantalla de inicio de sesión al switch</i>	76
Figura 16 <i>Página principal de estado del dispositivo</i>	78
Figura 17 <i>Página de configuración de VLANs</i>	79
Figura 18 <i>Configuración de VLAN ID de administración</i>	82
Figura 19 <i>Asignación de VLAN a los puertos físicos del switch</i>	84
Figura 20 <i>Configuración de redundancia de capa 2</i>	86
Figura 21 <i>Página de configuración de VLANs</i>	87

Figura 22 <i>Topology Discovery</i>	88
Figura 23 <i>Software de monitoreo Industrial HiVision</i>	88
Figura 24 <i>Software HiVision mostrando falla de dispositivos</i>	91
Figura 25 <i>Log de eventos Hirschmann BRS40</i>	92
Figura 26 <i>Configuración de políticas de restricción de tráfico entre VLANs</i>	93
Figura 27 <i>Configuración de política de seguridad Vlan medidores y red LAN</i>	94
Figura 28 <i>Página de configuración de políticas en firewall</i>	95
Figura 29 <i>Prueba de comunicación entre medidores de energía y servidores</i>	96
Figura 30 <i>Equipo configurado en modo servidor con iperf</i>	98
Figura 31 <i>Equipo configurado en modo Cliente</i>	98
Figura 32 <i>Análisis Wireshark etuta0147 10.63.97.200</i>	99
Figura 33 <i>Análisis Wireshark Enetutap01 10.63.52.70</i>	99
Figura 34 <i>Página de login a software SIMANTIC Energy Manager PRO</i>	100
Figura 35 <i>Página de adición de medidores de energía en el software</i>	102
Figura 36 <i>Acceso a plataforma EnMPRO por medio Web para usuarios</i>	104
Figura 37 <i>Pantalla de visualización de datos de consumo de energía</i>	105
Figura 38 <i>Reporte de consumo de energía seleccionando la opción mes.</i>	107
Figura 39 <i>Reporte de consumo de energía mensual, con análisis gráfico.</i>	109

Lista de Apéndices

Apéndice 1 *Certificaciones de fibra óptica*..... 120

Introducción

El consumo energético es uno de los principales factores que influyen en los costos operativos de las industrias, especialmente en aquellas que requieren procesos intensivos en energía como el sector siderúrgico. En Colombia, las plantas siderúrgicas, como la planta de Diaco S.A. ubicada en Tuta, dependen en gran medida de hornos de arco eléctrico y motores eléctricos en sus diferentes etapas de producción, lo que conlleva a un alto consumo de energía. A pesar de la importancia de controlar y gestionar eficientemente estos consumos, actualmente las empresas enfrentan limitaciones debido a la falta de sistemas de monitoreo en tiempo real que les permitan obtener datos precisos y actualizados.

El método tradicional utilizado en la planta de Diaco S.A., basado en la distribución del consumo energético total a partir de la factura mensual, no permite un análisis detallado por área de producción, lo que dificulta la identificación de posibles puntos de optimización. Este escenario plantea un desafío crítico: encontrar soluciones que, a través del uso de nuevas tecnologías, permitan mejorar la gestión energética y, en consecuencia, reducir costos operativos sin comprometer la eficiencia de los procesos.

En este contexto, el presente proyecto propone el diseño de una red industrial de nueva generación (NGN) para la integración de medidores de energía, conectados a la infraestructura existente de la planta. Dicha red permitirá la recolección y análisis de datos mediante herramientas de Big Data, facilitando un monitoreo en tiempo real y un análisis detallado del consumo energético por área de producción. La integración de esta solución con el software SIMANTIC Energy de Siemens y el sistema de monitoreo Industrial HiVision de Hirschmann

proporcionará a la planta una plataforma robusta para la gestión y optimización del uso de la energía.

Este enfoque no solo mejorará la calidad del servicio y la experiencia del usuario, sino que también brindará a la planta la capacidad de tomar decisiones estratégicas basadas en datos concretos, promoviendo la reducción del consumo energético y optimizando los costos operativos de manera efectiva.

Planteamiento del Problema

Uno de los principales desafíos que enfrentan las industrias hoy en día es el alto consumo de energía y, como consecuencia, los elevados costos asociados a este servicio, especialmente en procesos intensivos en energía.

El sector siderúrgico colombiano, particularmente arraigado a técnicas de fabricación de acero a través de procesos basados en hornos de arco eléctrico para la fundición, así como otros procesos secundarios como la preparación de materia prima (chatarra, mineral de hierro, etc.) y el laminado, que dependen exclusivamente de motores eléctricos, no es la excepción.

En la planta de Diaco S.A., ubicada en Tuta, aunque los procesos para alcanzar un producto terminado se evalúan de manera integral, cada área gestiona sus costos de forma independiente, con el objetivo de optimizar recursos y mejorar el rendimiento. No obstante, los consumos energéticos, que constituyen uno de los costos más significativos, se calculan teóricamente a partir de la factura energética mensual proporcionada por la empresa de servicios, dividiendo el total por cada área. Este método carece de la capacidad de proporcionar análisis en tiempo real del consumo específico de cada sector, dificultando así la toma de decisiones estratégicas para la optimización y reducción de gastos.

¿Cómo se puede utilizar las herramientas de las redes NGN como la interconexión de medidores de energía a una red y el uso del Big Data, centralizar la información en tiempo real, para la generación de informes que faciliten la interpretación de los datos de los consumos de energía eléctrica?

Para abordar este desafío, se propone el diseño de una red industrial de nueva generación (NGN) para los medidores de energía, que se integrará con la infraestructura de red industrial

existente, la cual apoya la automatización de la compañía. Esta red se conectaría a un servidor local con el software SIMANTIC Energy de Siemens para la gestión de datos de energía y el programa Industrial HiVision de Hirschmann para el monitoreo de la infraestructura. Este enfoque no solo busca mejorar la calidad del servicio (QoS) y la experiencia del usuario (QoE), sino que también permitirá realizar análisis detallados de costos por área, facilitando el entendimiento profundo de los procesos y, como consecuencia, la identificación de oportunidades para la reducción de consumo y costos asociados.

Justificación

Actualmente, en la compañía Diaco S.A., los medidores de energía eléctrica se han renovado de dispositivos analógicos a dispositivos digitales, pero el aforo interno del consumo aún se administra de manera visual, en donde un operador electricista, realiza la lectura mediante inspección periódica y diligenciando una planilla, desaprovechando todas las ventajas que brinda el nuevo recurso.

Teniendo en cuenta la problemática de que la lectura de dichos medidores aún se realiza de manera visual, la compañía Diaco S.A. ha dispuesto recursos económicos, para que se optimice el uso de los nuevos medidores de energía eléctrica, interconectándolos a la red industrial de la planta Tuta y de esta manera, poderlos integrar con un software que permita el tratamiento de datos.

Esto permite, que las lecturas de los consumos diarios, mensuales y anuales de cada área sean precisas para la división de costos que debe asumir cada dependencia. Por otro lado, esta captura masiva de datos permite realizar una evaluación de los procesos en los que se puede optimizar el consumo de energía, además de brindar apoyo constante al equipo de mantenimiento predictivo para la toma de decisiones sobre los mismos procesos.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una red industrial NGN para interconexión de medidores de energía, mediante el uso de fibra óptica y software de Big Data, para gestión de energía y análisis de consumo en Diaco S.A. planta Tuta.

Objetivos Específicos

Diseñar la infraestructura de red por medio de fibra óptica, basado en normas técnicas o estándares que guían las redes NGN para su aplicación e implementación en las redes industriales.

Definir los dispositivos de red para la conexión de borde de los medidores de energía, mediante la investigación de dispositivos para uso industrial, que permitan la conexión de cable de cobre y fibra óptica para redes industriales, además de ser administrables y configurables.

Realizar la configuración de medidores de energía, dispositivos de red y servidor, mediante direccionamiento IP e instalación de software SIMANTIC Energy de Siemens y HiVision de Hirschmann, con el fin de monitorear los dispositivos y la infraestructura de red para el análisis de datos.

Marco Teórico

Conceptos Generales

Ahorro de Energía. El ahorro de energía se centra en reducir el consumo de energía a través de diversas estrategias y prácticas, sin sacrificar la comodidad o la productividad. Este enfoque no solo ayuda a disminuir los costos asociados a la energía, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental, reduciendo la demanda de recursos naturales y minimizando el impacto negativo sobre el medio ambiente.

Bajo la gigantesca demanda del consumo energético a nivel mundial, una práctica indispensable es el uso eficiente de la energía eléctrica, lo que implica la implementación de tecnología más eficiente y el cambio necesario de los hábitos de consumo de las personas, manteniendo los mismos servicios y la calidad de vida. Esto indiscutiblemente repercute económicamente y ayuda a reducir los impactos ambientales.

Existen diferentes maneras de ahorrar energía, por ejemplo, utilizar los electrodomésticos solo cuando sea necesario o en el momento de comprar algún dispositivo, observar la etiqueta de consumo energético y elegir los más eficientes, incluso, desde el ámbito industrial, optimizando los procesos para la mejora constante de las maquinarias que utilizan el suministro eléctrico. (González y otros, 2017)

Red NGN. Una red de nueva generación (NGN), tal como la define la UIT-T, es una red basada en paquetes capaz de proporcionar servicios que incluyen servicios de telecomunicaciones y capaz de hacer uso de múltiples tecnologías de transporte de banda ancha habilitadas para QoS y en la que las funciones relacionadas con el servicio son independientes de tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte, ofreciendo acceso sin restricciones por parte de los usuarios a diferentes proveedores de servicios, además, es

compatible con la movilidad generalizada, lo que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios. (Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T, 2004).

Es importante tener en cuenta los aspectos fundamentales de una NGN regulados por la UIT-T Y.2001, los cuales se resumen en:

La transferencia estará basada en paquetes.

Las funciones de control están separadas de las capacidades de portador, llamada/sesión, y aplicación/servicio.

Desacoplamiento de la provisión del servicio del transporte, y se proveen interfaces abiertas.

Soporte de una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en construcción de servicios por bloques (incluidos servicios en tiempo real/de flujo continuo en tiempo no real y multimedia).

Tendrá capacidades de banda ancha con calidad de servicio (QoS) extremo a extremo.

Tendrá interoperabilidad con redes tradicionales a través de interfaces abiertas

Movilidad generalizada.

Acceso sin restricciones de los usuarios a diferentes proveedores de servicios.

Diferentes esquemas de identificación.

Características unificadas para el mismo servicio, como es percibida por el usuario

Convergencia entre servicios fijos y móviles.

Independencia de las funciones relativas al servicio con respecto a las tecnologías subyacentes de transporte.

Soporte de las múltiples tecnologías de última milla.

Cumplimiento de todos los requisitos reglamentarios, por ejemplo, en cuento a comunicaciones de emergencia, seguridad, privacidad, interceptación legal, etc. (Comisión Regulatoria de Telecomunicaciones - República de Colombia, 2007).

Cabe resaltar, que una evolución hacia las redes próxima generación NGN, implica tener presente el modelo de referencia, en el cual se separan las funciones de los servicios de las funciones del transporte, permitiéndoles evolucionar de manera independiente. De igual manera, este paso transitorio para migrar y evolucionar hacia las redes NGN, debe ir acompañado de estandarización acorde a los nuevos requerimientos, siendo los más conocidos 3GPP, ITU-T, ETSI-TISPAN, IEEE, entre otros.

Características Principales de las NGN:

Convergencia: Capacidad para ofrecer una amplia gama de servicios de comunicación (voz, datos, video, etc.) a través de una única red. Esto simplifica la infraestructura de la red y puede reducir los costos tanto para los proveedores de servicios como para los usuarios finales.

Calidad de Servicio (QoS): Las NGN implementan mecanismos para garantizar la calidad de servicio necesaria para diferentes tipos de tráfico. Esto es crucial para servicios sensibles al retardo, como las llamadas de voz o las videoconferencias.

Flexibilidad y Escalabilidad: La arquitectura de las NGN permite a los operadores introducir nuevos servicios y expandir su capacidad más fácilmente en comparación con las redes tradicionales.

Beneficios de las NGN:

Reducción de Costos: Al unificar el manejo de diferentes tipos de tráfico en una sola red, se reducen los costos operativos y de capital.

Innovación en Servicios: La flexibilidad de las NGN facilita el lanzamiento de nuevos servicios, satisfaciendo las demandas cambiantes de los consumidores y abriendo nuevas fuentes de ingresos para los operadores.

Mejora de la Experiencia del Usuario: Los usuarios finales se benefician de una mayor variedad de servicios y de una mejora en la calidad y fiabilidad de las comunicaciones. Las NGN representan un paso fundamental hacia la futura red de telecomunicaciones, adaptándose a las necesidades cambiantes de los usuarios y permitiendo el desarrollo de nuevas tecnologías y servicios.

Fibra Óptica. La fibra óptica es un medio de transmisión empleado habitualmente en las redes de telecomunicaciones que se basa en el envío de pulsos de luz para transportar datos a largas distancias y a altas velocidades. Está compuesta por hilos muy finos de material transparente, vidrio o plásticos avanzados, por los cuales se envían los pulsos de luz que representan los datos a transmitir; generalmente cuenta con un diámetro de entre 5 y 10 micras, lo que lo hace más fina que un cabello humano, capaz de transmitir información a grandes distancias utilizando señales ópticas. (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia MinTIC)

Entre sus ventajas se describen:

Alta velocidad de transmisión: Permite el envío de datos a velocidades mucho mayores que los cables de cobre tradicionales.

Gran capacidad de banda ancha: Puede transportar enormes cantidades de datos, lo que la hace ideal para el creciente consumo de servicios de internet, video en alta definición, y telecomunicaciones en general.

Larga distancia de transmisión: La señal en la fibra óptica puede recorrer distancias más largas sin necesidad de ser regenerada tan frecuentemente como en otros medios de transmisión.

Pocas pérdidas de potencia, logrando enlaces de varios kilómetros sin necesidad de amplificadores.

Resistencia a las interferencias electromagnéticas: A diferencia de los cables de cobre, la fibra óptica no sufre interferencias electromagnéticas, lo que mejora la calidad de la transmisión.

Seguridad mejorada: Es muy difícil interceptar las comunicaciones en fibra óptica, lo que proporciona un nivel superior de seguridad.

Menor tamaño y peso: Las fibras ópticas son más ligeras y ocupan menos espacio que los cables de cobre equivalentes.

Multiplexación de señales usando FDM incrementando la capacidad de transmisión.

Bajas pérdidas de información.

También se encuentran algunas desventajas:

Fragilidad a ruptura en la fibra interior.

Necesidad de conversores de señal eléctrica a óptica y viceversa.

Empalmes complejos con elementos especializados de alto coste.

A pesar de los altos costos de instalación, la F.O. permite la conexión a internet de forma rápida, obteniendo información prácticamente de manera instantánea, permitiendo el uso de multiservicio en simultánea. Esto se traduce en satisfacción para el usuario, obteniendo beneficios, con altísima calidad de servicio y con una experiencia de fiabilidad y disponibilidad en todo momento.

Las redes de fibra óptica están diseñadas para transmitir grandes cantidades de información a velocidades de transferencia muy altas, principalmente en el orden de los Gbps,

por lo que es importante conocer este medio de transmisión, desde su fabricación, las características, la estructura de colores, los parámetros y técnicas de monitoreo, entre otros aspectos, que finalmente recalcan en una fibra óptica de excelentísimas características que impactan en la calidad del servicio.

La normatividad para la fibra óptica abarca una amplia gama de estándares, regulaciones y mejores prácticas que buscan asegurar la calidad, seguridad, y eficiencia en la implementación y operación de redes de fibra óptica. Estos estándares son establecidos por organizaciones tanto internacionales como locales, y pueden variar significativamente dependiendo de la región, el país, o incluso la industria específica.

Algunas de las principales organizaciones y tipos de normas relacionadas con la fibra óptica son la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones), la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), la ISO (Organización Internacional de Normalización) y la IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).

Las características principales para la fabricación de fibras ópticas se encuentran estandarizadas por las normas ITU-T G.652 e ITU-T G.657, entre ellas, se destacan algunas especificaciones geométricas, para conservar la uniformidad de los revestimientos, de igual manera, se brinda una pauta para cumplir con parámetros ópticos tales como la dispersión, pérdidas por curvatura, comportamiento en diferentes diámetros y longitudes de onda. (Union Internacional de Telecomunicaciones, 2017).

Este compendio presenta algunas especificaciones, relacionadas con las fuerzas mecánicas, tales como la tracción, la curvatura, resistencia al pelado del cable, al igual que se muestra los requerimientos mínimos ante los factores ambientales, en su mayoría relacionados con las temperaturas que soportan los materiales de construcción de un cable de fibra óptica.

Los cables de fibra óptica se encuentran regulados por la Asociación de la Industrial de Telecomunicaciones por medio de la norma TIA598-C, para realizar la codificación de cables por medio de colores y su organización estricta en los distribuidores. Cuando el cable presenta más de 12 hilos, este contendrá tubos holgados (buffers) de colores con hasta un máximo de 12 fibras y agregando uno o dos trazos negros o blancos, según la posición (Telecommunications Industry Association, 2005).

Por otra parte, las cubiertas de los cables de fibra óptica se identifican por colores, basado en el tipo de uso, ya sea interior o exterior. Los conectores son otro factor importante para tener en cuenta, pues también tienen un código de colores establecido.

Big Data. Dentro de las industrias 4.0 el término Big Data se ha popularizado, pues se encuentra relacionado con el análisis y tratamiento de datos que son tan voluminosos, rápidos o complejos que es difícil procesarlos usando sistemas de procesamiento de datos tradicionales de analítica y de gestión de bases de datos. También se relaciona con las tecnologías y técnicas utilizadas para analizarlos, lo que permite a las organizaciones obtener insights valiosos para tomar decisiones más informadas.

El Big Data se caracteriza por 3 aspectos importantes. En primer lugar, se encuentra el volumen, relacionado con la cantidad y el tamaño de los datos que se capturan en cada momento, luego se encuentra la veracidad, en donde se presentan los datos estructurados y lo no estructurados, finalmente se presenta la velocidad, relacionada con la frecuencia con la que se generan los datos. (Araque González y otros, 2021).

La implementación del Big Data en el sector industrial ha logrado que se pueda descubrir información que llegue a presentar relevancia y sea útil para las compañías, sirviendo como herramienta para la toma de decisiones, el análisis predictivo y la mejora continua de la

competitividad y la productividad. El Big Data continúa evolucionando, impulsando la innovación en casi todos los sectores y transformando la forma en que vivimos y trabajamos. Su capacidad para revelar insights ocultos puede conducir a decisiones más informadas, eficiencias operativas mejoradas, y nuevas oportunidades de negocio.

Otros Conceptos

Interfaz Web. La interfaz web es una plataforma accesible a través de un navegador de Internet que permite a los usuarios interactuar con aplicaciones y sistemas sin necesidad de instalar software adicional en sus dispositivos. Esta interfaz proporciona un entorno gráfico donde los usuarios pueden realizar operaciones como la configuración, monitoreo y análisis de datos en tiempo real.

La accesibilidad desde cualquier dispositivo conectado a la red, ya sea un computador, tableta o teléfono inteligente, permite a los operadores y administradores gestionar sistemas de manera flexible y eficiente. Las interfaces web modernas son intuitivas y suelen incluir elementos gráficos que facilitan la comprensión y navegación por los diferentes módulos y funcionalidades del software.

Medidores de Energía. Los medidores de energía son dispositivos diseñados para medir y registrar el consumo de energía eléctrica en diferentes puntos de una instalación. Estos dispositivos operan en tiempo real, lo que permite a las empresas obtener datos precisos sobre su uso energético y, a su vez, identificar patrones de consumo.

Los medidores pueden incluir funciones avanzadas como la medición de energía activa y reactiva, así como la detección de picos de consumo. Esta información es crucial para la optimización del uso de la energía, la identificación de ineficiencias y el desarrollo de estrategias de reducción de costos energéticos. Además, algunos modelos pueden conectarse a redes digitales para la transmisión automática de datos a sistemas de gestión centralizados, facilitando así la monitorización constante y la elaboración de informes.

Segmentación por VLAN. La segmentación por VLAN (Redes de Área Local Virtuales) es una técnica que permite dividir una red física en múltiples redes lógicas. Esto no solo mejora

la seguridad al limitar el acceso entre diferentes grupos de usuarios, sino que también optimiza el rendimiento de la red al reducir la congestión del tráfico.

Cada VLAN actúa como una subred independiente, permitiendo que los dispositivos dentro de la misma VLAN se comuniquen directamente, mientras que el tráfico entre VLANs debe pasar a través de un router o switch de capa 3, lo que añade una capa adicional de control. Esta segmentación es particularmente útil en entornos industriales donde se requiere una gestión de tráfico más estricta, así como en organizaciones grandes que desean aislar grupos de trabajo específicos para proteger la información sensible.

Protocolo de Red. Los protocolos de red son un conjunto de reglas y convenciones que determinan cómo se comunican los dispositivos dentro de una red. Estos protocolos aseguran que los datos se transfieran de manera efectiva y confiable entre las diferentes partes de la red, incluyendo computadoras, servidores, y dispositivos de red como routers y switches.

Existen diversos tipos de protocolos, cada uno diseñado para diferentes tipos de comunicación, como TCP/IP para la transmisión de datos a través de Internet, HTTP para la comunicación web, y FTP para la transferencia de archivos. La correcta implementación de estos protocolos es fundamental para garantizar la interoperabilidad y el rendimiento de la red, así como para establecer políticas de seguridad que protejan la información.

Configuración de Direccionamiento IP. La configuración de direccionamiento IP es un proceso crítico que implica asignar direcciones IP únicas a cada dispositivo en una red, permitiendo su identificación y comunicación. Cada dirección IP puede considerarse como la "dirección" de un dispositivo en la red, y es fundamental para el enrutamiento de datos.

Esta configuración puede ser manual, donde se asignan direcciones IP fijas, o dinámica, mediante el uso de servidores DHCP que asignan direcciones IP automáticamente a los

dispositivos al momento de conectarse. La correcta asignación y gestión de direcciones IP es esencial para evitar conflictos de direcciones y garantizar la fluidez en la comunicación dentro de la red.

L2-Redundancy (MRP). L2-Redundancy, o Protocolo de Redundancia de Capa 2 (MRP), es un protocolo diseñado para asegurar la alta disponibilidad en redes industriales. Este protocolo permite la creación de anillos redundantes entre dispositivos, lo que garantiza que, en caso de fallo en uno de los enlaces, el tráfico de red pueda redirigirse automáticamente a través de rutas alternativas sin interrumpir el servicio.

La implementación de MRP es crucial en entornos donde la continuidad del servicio es fundamental, como en la automatización industrial, donde los tiempos de inactividad pueden resultar en pérdidas económicas significativas. Además, este protocolo contribuye a la estabilidad de la red al prevenir bucles de conmutación.

Firewall. Un firewall es un dispositivo de seguridad de red que actúa como un filtro entre la red interna de una organización y el exterior, controlando el acceso a recursos y protegiendo la infraestructura de amenazas externas. Los firewalls pueden ser implementados como hardware o software, y se configuran para permitir o bloquear tráfico específico basándose en un conjunto de reglas predefinidas. Su función es fundamental para proteger datos sensibles y prevenir ataques cibernéticos, garantizando la integridad y disponibilidad de los sistemas de información. En entornos industriales, un firewall es esencial para segregar redes críticas de producción de las redes corporativas o públicas.

Red LAN. La Red de Área Local (LAN) es una infraestructura de red que conecta dispositivos dentro de un área geográfica limitada, como una oficina, planta industrial o campus.

Las LANs permiten la comunicación rápida y eficiente entre dispositivos, facilitando el intercambio de información y recursos como impresoras y almacenamiento.

En entornos industriales, las LANs son fundamentales para la integración de dispositivos de control y monitoreo, incluyendo medidores de energía y sistemas de automatización. Además, las LANs pueden ser conectadas a redes más amplias, como las WAN (Redes de Área Amplia), permitiendo la comunicación entre diferentes ubicaciones geográficas.

Eficiencia Energética. La eficiencia energética se refiere al uso eficiente de la energía para lograr el mismo nivel de confort o producción con menos consumo energético. Este enfoque no solo implica la adopción de tecnologías más eficientes, sino también la optimización de procesos y comportamientos para reducir el desperdicio de energía.

Pirámide de la Automatización. La pirámide de la automatización es un modelo que representa la jerarquía de sistemas en un entorno industrial, estructurando el flujo de información y control desde los niveles más básicos hasta los más complejos. La pirámide se compone de cinco niveles:

Nivel de Campo: Es el nivel más bajo y básico, donde se encuentran los sensores y actuadores que recopilan datos en tiempo real y ejecutan acciones inmediatas en los equipos.

Control de Proceso: Aquí están los controladores lógicos programables (PLC) y otros dispositivos que regulan procesos específicos, interpretando las señales de los sensores y activando los actuadores.

Supervisión (SCADA): Permite la supervisión y control de los procesos a través de sistemas SCADA, que proporcionan una vista integral de las operaciones y facilitan la toma de decisiones a nivel operacional.

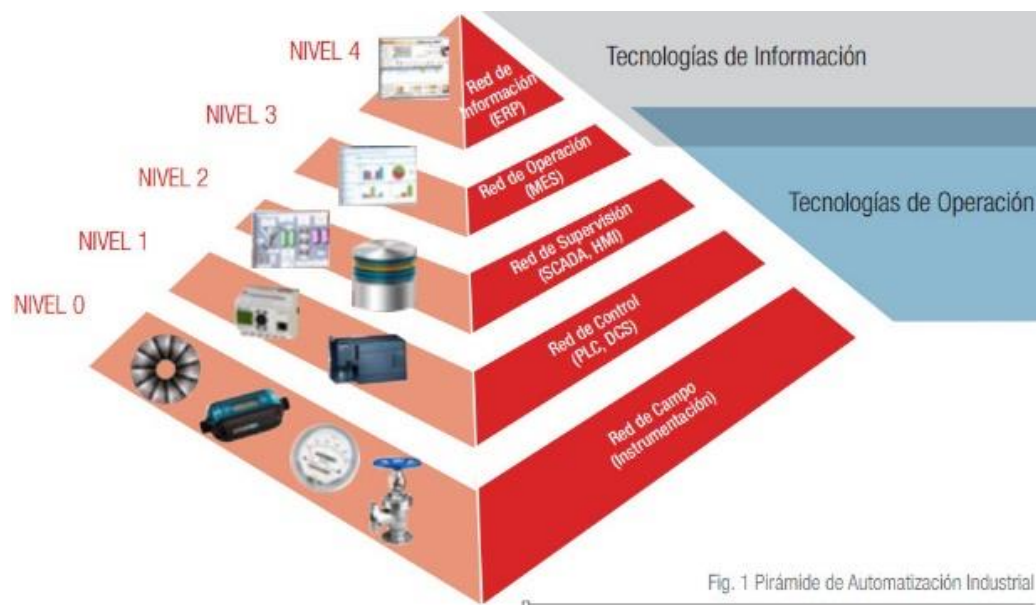
Gestión de Producción (MES): El Sistema de Ejecución de Manufactura (MES) gestiona la producción en tiempo real, coordinando los recursos y optimizando la eficiencia de la planta.

Planificación Empresarial (ERP): Es el nivel más alto y conecta la automatización con la planificación estratégica de la empresa. Los sistemas ERP integran los datos de la producción con otras áreas del negocio, como logística y finanzas, para apoyar la toma de decisiones.

La estructura en forma de pirámide como se observa en la figura 1, facilita la integración de datos y el flujo de información desde los dispositivos de campo hasta el nivel de gestión, asegurando que cada nivel optimice los procesos y mejore la eficiencia en toda la cadena de producción (Segu-Info, 2017).

Figura 1

Pirámide de automatización.



Nota. Esta imagen muestra la distribución de los elementos en la pirámide de la automatización.

[Grafico], (Segu-Info, 2017).

Antecedentes

Es evidente que unos de los objetivos principales a nivel mundial en el siglo XXI, es contribuir con la disminución del calentamiento global aportando favorablemente al medio ambiente, y es por esto por lo que uno de los estandartes para lograr el objetivo es el ahorro de energía, además que, como valor agregado, se obtiene una beneficiosa reducción de costos, aún más cuando se habla de los procesos industriales.

Las grandes industrias, dentro de sus procesos de modernización, evolución y actualización, han reemplazado los combustibles fósiles por la energía eléctrica, generando así una gran demanda y consumo de este recurso, repercutiendo en costos, que únicamente se pueden ver reducidos con la optimización de los procesos y en general de toda la cadena productiva.

Entrando en contexto con el objetivo de diseñar una red industrial NGN para medidores de energía e integrarlo con software para gestión de energía y análisis de consumo en Diaco S.A. planta Tuta, se evidencia dentro del campo de la investigación, escaso material que relacione los sistemas de medición de energía, la infraestructura de red NGN y el Big Data. Sin embargo, esto no se convierte en camisa de fuerza para caracterizar información relevante que permita guiar y orientar el propósito de este proyecto.

Una serie de estudios han explorado el desarrollo y la integración de sistemas de medición inteligentes para la gestión de la energía. (Salerno y otros, 2020) y (Pineda y otros, 2019), se centran en el diseño y la implementación de dichos sistemas; el trabajo de Salerno aborda específicamente la necesidad de una herramienta de monitoreo y gestión de energía en una red inteligente, y el estudio de Pineda desarrolla un sistema para controlar electrodomésticos e iluminación. en edificios inteligentes. (Carvalho & Saraiva, 2019) y (Macêdo & Duque,

2018) presentan sistemas que integran medidores inteligentes con software para el monitoreo y gestión de la energía. El trabajo de Cavalheiro se centra en un sistema basado en web para monitorear el consumo de energía en electrodomésticos, mientras que el estudio de Macêdo propone un sistema para monitorear y gestionar el consumo de energía residencial, incluido el uso de un medidor de energía residencial inteligente. Estos estudios resaltan colectivamente el potencial de los sistemas de medición inteligentes para mejorar la gestión de energía y el análisis del consumo.

La implementación de una red industrial NGN (Next Generation Network) para medidores de energía, combinada con software especializado para la gestión de energía y el análisis de consumo, representa una solución avanzada para optimizar el uso de recursos energéticos en entornos industriales y comerciales. Esta integración no solo permite un control más eficiente del consumo energético, sino que también facilita la identificación de oportunidades para mejorar la eficiencia energética y reducir costos operativos.

Uno de los conceptos base para el tema de estudio es los sistemas de medición y telemedición de la energía eléctrica y su evolución, en donde los medidores de energía han pasado desde los antiguos sistemas analógicos, hasta los modernos sistemas digitales y desde las lecturas obsoletas manual-visual, hasta los sistemas inteligentes (Smart Grid), basados en infraestructuras de red modernas, de altísima eficiencia y confiabilidad para el control automatizado, con enormes índices de confiabilidad, tal como se expresa en el documento de Nelson Huiman “diseño e implementación de una red de medidores de energía para artefactos domésticos” (Huiman Tocto, 2017), en donde enfatiza la importancia de la conservación de energía y la necesidad de herramientas para ayudar a los consumidores a utilizar sus aparatos eléctricos de manera más eficiente, además, destaca el potencial de importantes ahorros

energéticos y beneficios económicos en los hogares a través de prácticas conscientes de consumo energético.

Para poder interconectar los medidores de energía, se plantean infraestructuras de medición avanzada AMI, desplegando redes de comunicaciones modernas y sistemas avanzados de gestión de bases de datos de forma bidireccional, entregando datos al usuario final en tiempo real y tener control y gestión de los consumos de energía. Estas AMI están provistas de sistemas de ciberseguridad y además permiten la interoperabilidad de dispositivos y tecnologías (Díaz Andrade & Hernández, 2011).

El Smart Grid, abre así un gran número de técnicas y definiciones, que orienta al uso eficiente, desde la captura hasta el tratamiento de la información sobre lo cual se puede profundizar en el artículo de investigación “Smart Grid: Las TIC y la modernización de las redes de energía eléctrica – Estado del Arte” (Díaz Andrade & Hernández, 2011), el cual documenta el impacto positivo de las tecnologías Smart Grid en la reducción de las emisiones de carbono, la mejora de la eficiencia y confiabilidad de la red y la mejora de la gestión de la demanda de energía y cuya metodología implica integrar diversas tecnologías relacionadas con la comunicación y el control para transformar la red eléctrica actual en un modelo de generación distribuida, aumentando la confiabilidad, flexibilidad, disponibilidad y reduciendo los costos energéticos. Esta integración tiene como objetivo crear un sistema beneficioso para los proveedores de servicios públicos, operadores de TIC y usuarios, abriendo nuevos mercados y generando nuevos modelos de negocio.

Por otra parte, los sistemas de medidores de energía inteligentes, permite identificar metodologías para el análisis de fallas en los sistemas de distribución eléctrica, proporcionando información de los puntos débiles de los sistemas de potencia, con la finalidad de adoptar

medidas correctivas, así como lo documenta “ Identificación y Localización de Fallas en Sistemas de Distribución con Medidores de Calidad del Servicio de Energía Eléctrica” (Gómez y otros, 2012). El escrito presenta una nueva metodología para identificar y localizar fallas en sistemas de distribución eléctrica utilizando medidores electrónicos para monitorear la continuidad del servicio, con el objetivo de mitigar la discontinuidad del servicio y los costos asociados.

De esta manera, se percibe una orientación de los procesos hacia la industria 4.0, en donde se busca generar interoperabilidad de la información, del Big Data, del IoT y los dispositivos, de la red, entre otros, desarrollando sistemas capaces de monitorear una gran variedad de procesos físicos con la capacidad de interactuar directamente con gran flujo de datos e información, maximizando los resultados de la operación y dando un gran salto para la toma de decisiones que se traduce en un incremento de la competitividad organizacional (Llanes Font y otros, 2023). El artículo “De procesos del negocio a procesos inteligentes en la industria 4.0” tiene como objetivo describir procesos inteligentes y establecer un diagrama de arquitectura tecnológica para su configuración e implementación en el contexto organizacional, destacando la transformación de los procesos de negocio en procesos inteligentes flexibles, ágiles y efectivos.

En el artículo “Big Data y las implicaciones en la cuarta revolución industrial - Retos, oportunidades y tendencias futuras”, se muestra el estudio de caso en tres sectores diferentes de la industria y la influencia de los sistemas y específicamente en el Big Data de las ya conocidas industrias 4.0 es indispensable destacar que para el Big Data se hace necesario una integración y correlación entre el software y el hardware, con el objetivo de mejorar la calidad del servicio QoS, basado en la interpretación de grandes volúmenes de datos. (Araque González y otros, 2021).

Finalmente, esta integración entre los medidores de energía y el software, bajo la detallada supervisión por medio de Big Data, requieren de una parte fundamental, como el medio de acceso y transporte, por donde se garantiza el paso y la integridad de la información, con altísima disponibilidad. Es aquí donde se aplican los conceptos y regulaciones de las redes NGN, estandarizados por medio de recomendaciones de la ITU-T y algunas otras organizaciones que trabajan para ello, con el objetivo de expresar el mayor rendimiento en redes de servicios múltiples que se ve reflejado en la calidad de la experiencia para el usuario final.

Metodología

Este proyecto se centraliza en una metodología de investigación aplicada, en donde se presenta una base de fundamento teórico acerca de las redes de nueva generación y la aplicación de este conocimiento, para la interconexión de los medidores de energía digitales con la red industrial en la planta Tuta de la empresa Diaco S.A.

De igual manera, el objetivo de este proyecto se apoya en la investigación no experimental, sobre la cual no se busca el control de la variable de energía, sino que se pretende medirla y analizarla mediante la observación, para la determinación de consumos de energía en periodos exactos de tiempo.

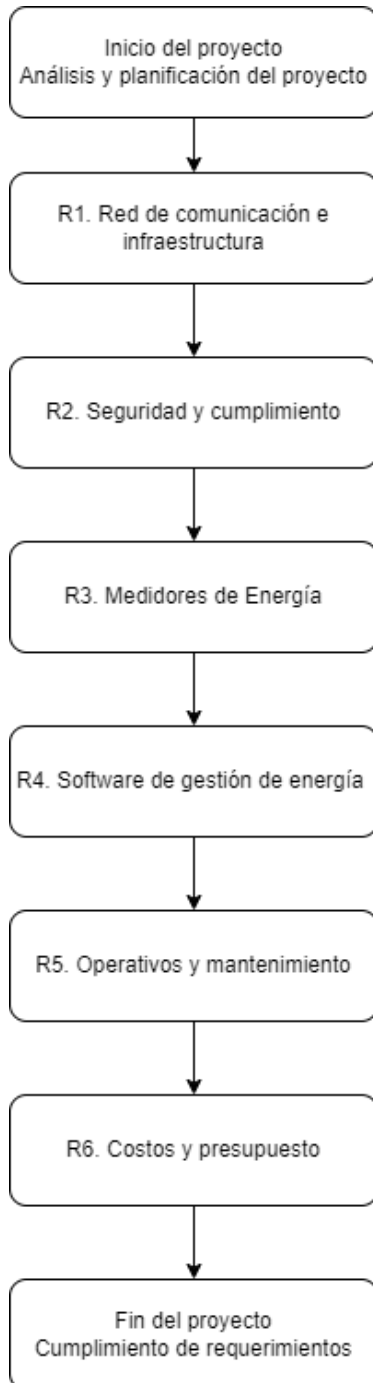
Se considera una primera etapa que parte de la información bibliográfica, de la cual se busca adquirir conocimiento sobre los estándares nacionales e internacionales sobre los que están fundamentados las redes de nueva generación NGN y los medios de transmisión como la fibra óptica.

Teniendo en cuenta las especificaciones de fibra óptica analizadas, se presenta la segunda etapa en la cual se busca determinar la fibra óptica adecuada para la implementación de la infraestructura de red, así como los elementos que se deben tener en cuenta para el montaje adecuado y los estándares de certificación que se deben aplicar.

De esta manera, en la tercera etapa, se debe realizar la implementación de la infraestructura de red, con el montaje de la fibra óptica, adecuación del cableado Ethernet de los medidores de energía y la selección de los switches que se adapten a las condiciones industriales, siendo capaces de integrar la conexión Ethernet proveniente de los sensores, con la red principal de fibra óptica, sin la necesidad de adquirir otros componentes adicionales.

En la cuarta etapa se debe realizar la configuración del direccionamiento IP del servidor, de los switches y de los medidores de energía, teniendo en cuenta el estándar interno de la compañía Diaco S.A. y las segmentaciones de red por VLAN que correspondan, basado en parámetros y rutinas de seguridad de la información. De igual manera, en esta etapa se valida que exista comunicación entre los medidores de energía y el servidor, se realizan pruebas de fiabilidad, alta disponibilidad y baja latencia.

Paso seguido, en la quinta etapa se realiza el procesamiento de la información, en la cual por medio de software propietario (Siemens), se realizará la analítica de los datos y la elaboración automática de informes, con lo cual se daría solución a la problemática de la medición empírica-visual de los aforos de energía, además de entregar información en tiempo real de los consumos de energía al área de mantenimiento para el desarrollo de estrategias para el manejo y la reducción de costos.

Figura 2*Diagrama metodológico**Fuente. Autoría Propia*

Diseño

Para el diseño de una red industrial NGN para medidores de energía e integración con software de gestión y análisis de consumo en la planta de DIACO Tuta, es importante contemplar varios aspectos técnicos y operativos. A continuación, se presenta una lista general de requerimientos:

Tabla 1

Requerimientos generales del proyecto

Requerimiento	Descripción
R1	<p>Red de Comunicación e infraestructura</p> <p>Conectar los medidores de energía a la red industrial existente</p> <p>La red debe ser escalable para soportar la adición de nuevos dispositivos o medidores sin impactar el rendimiento.</p> <p>Infraestructura robusta para alojar el software de gestión de energía y los datos recolectados, con espacio suficiente para almacenamiento y procesamiento.</p> <p>Cumplir con los estándares de cableado estructurado (como TIA/EIA)</p>
R2	<p>Seguridad y Cumplimiento</p> <p>Implementar seguridad de datos, autenticación y firewalls para proteger la red y los datos transmitidos de ataques cibernéticos.</p> <p>Asegurar que la solución cumpla con las normativas locales e internacionales.</p>
R3	<p>Medidores de Energía</p> <p>Soportar un mínimo de 21 medidores</p> <p>Los dispositivos deben ser compatibles con protocolos estándar de medición y comunicación</p>
R4	<p>Software de Gestión de Energía</p> <p>El software debe permitir la visualización y monitorización de los datos de consumo de energía en tiempo real.</p> <p>Una interfaz gráfica intuitiva que permita una fácil navegación y gestión de los dispositivos y datos.</p>

		Capacidad para generar reportes periódicos sobre el consumo de energía y eficiencia operativa.
		El software debe ser escalable para soportar un número creciente de medidores y dispositivos a lo largo del tiempo.
R5	Operativos y Mantenimiento	<p>Programar capacitación para los operadores y técnicos en el uso del software y el mantenimiento de la red.</p> <p>Definir un plan de mantenimiento preventivo de los medidores y equipos de red para evitar fallos.</p> <p>Capacitar al área de soporte técnico para que pueda atender incidentes y fallos en la red o los medidores.</p>
R6	Costos y Presupuesto	<p>Realizar un análisis detallado de los costos de adquisición de hardware, software y configuración de la red.</p> <p>Evaluar los costos operativos, incluyendo energía, mantenimiento y actualización de equipos.</p> <p>Justificar el diseño en términos de ahorro de energía, eficiencia operativa y reducción de costos a largo plazo.</p>

Nota. Esta table muestra los requerimientos sobre los cuales se basa el desarrollo del proyecto.
Fuente. Autor.

Red de Comunicación e Infraestructura

El diseño de una infraestructura de red industrial de nueva generación (NGN) para interconectar los medidores de energía de la planta Diaco S.A. en Tuta, se fundamenta en el uso de fibra óptica como medio de transmisión principal. Esta decisión responde a las ventajas que ofrece la fibra óptica en entornos industriales, como alta capacidad de ancho de banda, inmunidad a interferencias electromagnéticas y mayor fiabilidad a lo largo de grandes distancias. Para garantizar una implementación eficiente y conforme a las exigencias del entorno, se seguirá un conjunto de normas técnicas y estándares que guían el despliegue de redes NGN en industrias.

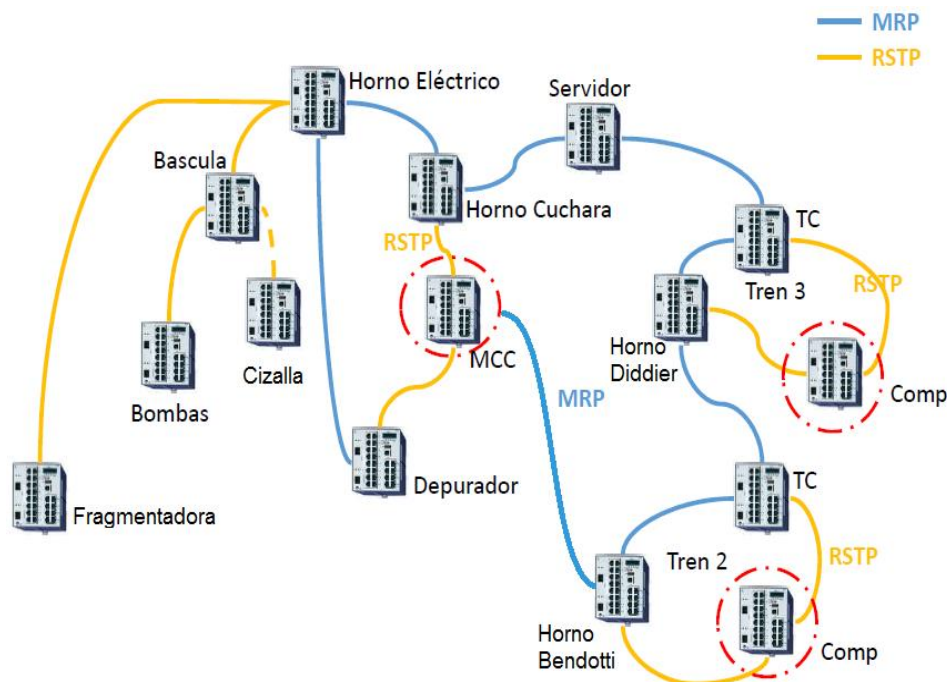
De igual manera, se opta por una infraestructura de red mixta, sobre la cual, los dispositivos terminales (medidores de energía), serán conectados por medio de cable Ethernet al switch industrial, determinado para el área a intervenir en este proyecto.

Arquitectura de Red

El diseño parte de la definición de una topología en anillo en la red principal existente para asegurar alta disponibilidad y redundancia en la red. Esta configuración permite que, en caso de fallo en un enlace, el tráfico de datos pueda redirigirse por la ruta alternativa, garantizando continuidad operativa como se puede observar en el diseño presentado en la Figura 3. Este modelo tiene 3 anillos una en el área de Acería, Tren 2 y Tren 3, pero con cierre de anillos entre los tramos principales MCC y Horno Tren 2 y los 2 anillos principales llegan al Data Center que está ubicado en oficina de administración, a través de 2 rutas diferentes.

Figura 3

Topología de red industrial existente



Nota. Este grafico muestra la distribución de los switches de la red industrial de planta Tuta. [Gráfico], 2020, *Cableado de Backbone Óptico para la nueva Topología de Red del área de producción de Tuta.*

Teniendo en cuenta que este proyecto se plantea como la extensión de uno de los nodos principales de la red de anillo (Switch de Horno Eléctrico), el switch para la subestación de 115 KVA estará conectado bajo una topología de árbol, con el objetivo de permitir realizar subdivisiones de la red en otras áreas a las que se les pueda dar alcance con proyectos de automatización. En este tipo de arquitectura, cada uno de los medidores de energía se conectará a switches industriales, que a su vez estarán interconectados mediante fibra óptica.

La pirámide de la automatización ofrece una estructura fundamental para optimizar la red industrial en la planta Tuta, proporcionando múltiples beneficios que mejoran la eficiencia y la

productividad. Al segmentar la automatización en diferentes niveles, desde el control de dispositivos y sensores en el nivel inferior hasta la supervisión y gestión en el nivel superior, se facilita una comunicación fluida y organizada entre los distintos componentes del sistema. Esto permite una respuesta más rápida a las condiciones cambiantes en la planta, reduciendo el tiempo de inactividad y mejorando la toma de decisiones basada en datos en tiempo real.

Además, la implementación de esta pirámide promueve la escalabilidad de la red, lo que significa que se pueden agregar nuevos dispositivos y tecnologías sin comprometer el funcionamiento existente. Esta flexibilidad es crucial en un entorno industrial como el de la planta Tuta, donde las demandas de producción pueden evolucionar rápidamente, y la capacidad para adaptar el sistema es vital para mantener la competitividad.

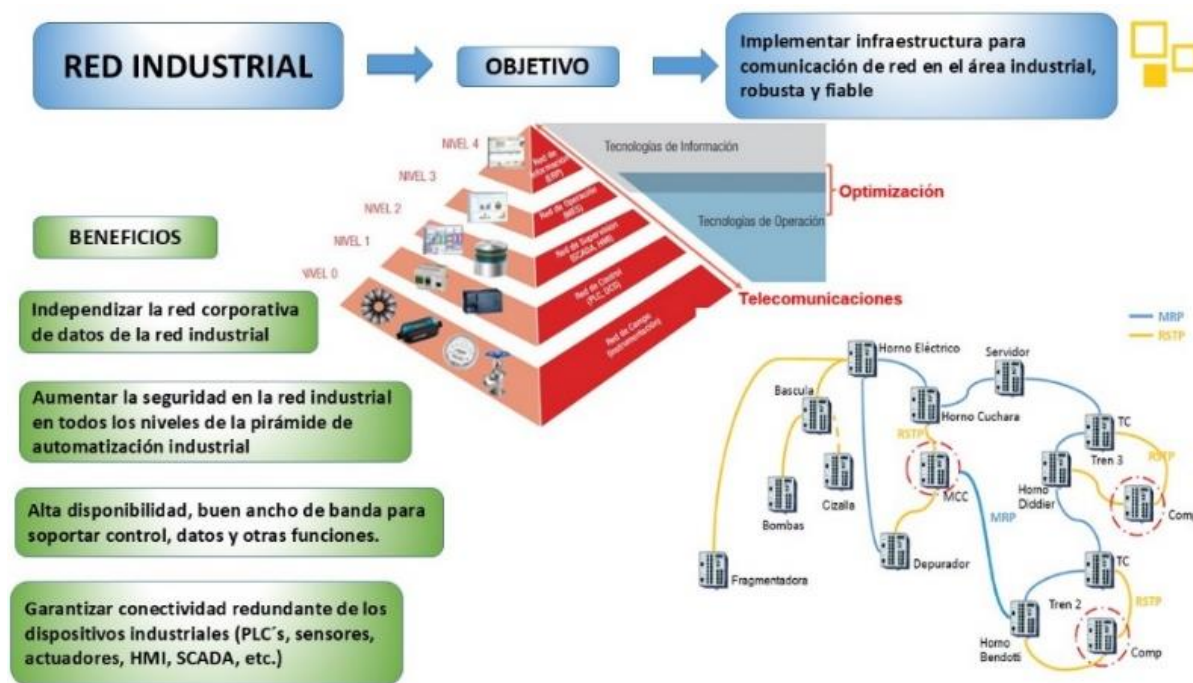
La integración de los medidores de energía en esta estructura no solo proporciona datos en tiempo real para mejorar la gestión energética, sino que también permite la identificación de patrones de consumo que podrían indicar oportunidades de ahorro energético. Al habilitar el monitoreo continuo y detallado de estos medidores, se pueden implementar estrategias de mantenimiento predictivo que reduzcan aún más los tiempos de inactividad y prolonguen la vida útil del equipo crítico.

Otro aspecto clave de esta arquitectura es la mejora en la seguridad de la red. La segmentación de la red mediante switches industriales en una topología de árbol reduce los puntos de fallo y mejora la capacidad de respuesta frente a incidentes de seguridad o fallas técnicas. La configuración gestionada de los switches permite aplicar políticas de seguridad avanzadas, como la creación de VLANs para aislar el tráfico sensible, controles de acceso y cifrado de datos, lo cual es esencial para proteger la integridad de la información de la planta.

Finalmente, al estar interconectada con una infraestructura de fibra óptica, la red garantiza una transmisión de datos rápida y de alta capacidad, lo que es crítico en una red industrial moderna donde los tiempos de latencia mínimos son esenciales para mantener la sincronización de los procesos automatizados. En conjunto, estos beneficios contribuyen a una mayor eficiencia operativa, una mejor gestión de recursos y una reducción de costos, fortaleciendo así la competitividad de la planta en el mercado. También se abren oportunidades para futuras expansiones y proyectos de digitalización, como la incorporación de tecnologías IoT o análisis avanzados de Big Data, como se ilustran en la figura 4.

Figura 4

Pirámide de automatización y beneficios sobre la red industrial.



Nota. Este diagrama muestra los beneficios de la implementación de una red industrial basada en la pirámide de la automatización con el fin de optimizar los procesos de producción. (Segu-Info, 2017).

En el proyecto de red industrial para medidores de energía, la distribución de los elementos en la pirámide de automatización se organiza de la siguiente manera:

Nivel de Campo:

Medidores de Energía: Son los dispositivos encargados de captar los datos de consumo energético en tiempo real desde los equipos y maquinarias de la planta. Estos datos se envían hacia los niveles superiores para su procesamiento y monitoreo.

Control de Proceso:

Switches Industriales: Estos dispositivos gestionan el tráfico de datos entre los medidores de energía y los sistemas superiores, garantizando la conectividad en un entorno de red NGN. Los switches permiten una comunicación rápida y segura, asegurando que los datos de consumo fluyan sin interrupciones hacia los sistemas de control y supervisión.

Supervisión (SCADA):

Software HiVision: Esta herramienta permite la supervisión de la red de comunicaciones y dispositivos conectados, proporcionando visibilidad del estado de los switches, los medidores de energía y los enlaces de red. HiVision facilita el monitoreo de la infraestructura de red, detecta fallos y optimiza la comunicación en tiempo real para asegurar la estabilidad de la transmisión de datos.

Interfaz Web Software Energy Manager Pro: Permite monitorear, por medio del navegador web, las gráficas de los consumos de energía eléctrica de las diferentes áreas.

Gestión de Producción (MES):

Software Energy Manager Pro: Este software analiza y procesa los datos de consumo energético recopilados, permitiendo la gestión y optimización del uso de energía dentro de la

planta. Energy Manager puede identificar patrones de consumo, detectar posibles ineficiencias y ofrecer reportes que ayudan en la toma de decisiones operativas para la optimización energética.

Planificación Empresarial (ERP):

Servidor para Captura y Almacenamiento de Datos: Ubicado en el nivel de planificación, el servidor almacena todos los datos capturados por los medidores y gestionados por los sistemas HiVision y Energy Manager. Al integrarse con el sistema ERP, el servidor proporciona información clave para la planificación de costos, reportes de eficiencia energética, y soporte para la toma de decisiones estratégicas alineadas con los objetivos de sostenibilidad de la empresa.

Esta disposición asegura que los datos fluyan de manera eficiente desde los medidores hasta el nivel de gestión estratégica, facilitando una visión integrada y en tiempo real de los consumos energéticos de la planta.

Normativas y Estándares

Para una instalación de fibra óptica en una planta industrial con condiciones desafiantes como acero líquido, vibraciones y exposición, es esencial seleccionar una fibra óptica que cumpla con normas técnicas reconocidas y que esté diseñada para soportar tales condiciones.

Con el fin de asegurar la calidad y el cumplimiento de los estándares, se adoptarán las siguientes normas:

ANSI/TIA-568: Aunque es una norma estadounidense, es ampliamente reconocida internacionalmente. Esta norma establece los requisitos de rendimiento para los sistemas de cableado estructurado, incluyendo fibra óptica, y garantiza la interoperabilidad y el rendimiento del sistema.

Esta norma define los requisitos para la instalación de sistemas de cableado de fibra óptica, especificando la forma correcta de canalizar, proteger y conectar los cables. Se garantizará que las rutas de cableado sean adecuadas para un entorno industrial, protegiendo la fibra de condiciones adversas como polvo, vibraciones y calor (Martínez Elton, 2024).

IEC 61784: Esta normativa se utilizará para asegurar que la red cumpla con los requisitos de seguridad y fiabilidad, tanto en la transmisión de datos como en la gestión de fallos. Además, se garantizará que los dispositivos utilizados en la red, como switches y convertidores, sean compatibles con los estándares de automatización industrial (IEC, 2021).

IEEE 802.3: El estándar Ethernet se aplicará para definir los parámetros de transmisión de datos sobre la fibra óptica, asegurando una conexión estable y de alto rendimiento entre los dispositivos de red (Equipo Editorial IONOS, 2022).

ISO/IEC 11801: Esta norma establece los requisitos generales para los sistemas de cableado estructurado, incluyendo fibra óptica, en entornos industriales. Garantiza la interoperabilidad, la capacidad de actualización y el rendimiento del sistema (Normas ISO.org, 2023).

ISO/IEC 60794: Esta serie de normas define los requisitos y métodos de prueba para los cables ópticos. Específicamente, la parte 1-2 de esta norma se centra en los requisitos de los cables ópticos para uso en exteriores, incluida la resistencia a la intemperie y al impacto (IEC, 2015).

IEC 60794-1-2: Esta norma proporciona directrices para las pruebas y los requisitos de los cables ópticos, incluida la resistencia mecánica, la protección contra la humedad y la resistencia al aplastamiento. Es relevante para garantizar que la fibra óptica pueda soportar las vibraciones y las condiciones adversas en una planta industrial (IEC, 2017).

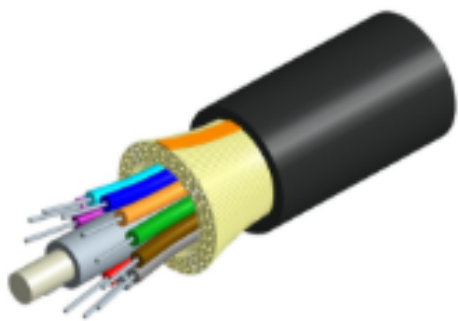
Especificaciones Técnicas de la Fibra Óptica

Basado en las normas técnicas y estandarización para las disposiciones relacionadas con la fibra óptica y teniendo en cuenta que la distancia entre el nodo del Horno eléctrico, en donde actualmente se va a derivar hacia la subestación de 115 KVA, es inferior a 400 metros, no lineales, se define el uso de fibra óptica multimodo OM4 de la marca COMMSCOPE LazrSPEED de 6 hilos para uso exterior referencia Z-006-DS-5K-FSUBK/D mostrada en la Figura 5 y aunque no viene reforzada con cable de acero, se determina la implementación de ductos de canalización sobre tubería IMC, para brindar mayor protección antes las desafiantes condiciones del entorno.

Además, esta fibra soporta las altas velocidades necesarias para garantizar que los datos de los medidores de energía lleguen en tiempo real al servidor central para su procesamiento y análisis, proporcionando una mejor capacidad de transmisión de datos con menor atenuación.

Figura 5

Fibra óptica Commscope 6 hilos OM4



Nota. Esta imagen corresponde a la arquitectura de construcción de fibra óptica Commscope. Tomado de (COMMSCOPE, 2023).

Distribución Física del Cableado

El diseño del cableado sigue un trazado que minimice interferencias y que aproveche la infraestructura ya existente. Se instaló conductos para proteger los cables de posibles daños mecánicos. Se realizó estudios previos para identificar las mejores rutas de cableado, asegurando la protección contra condiciones ambientales adversas comunes en entornos industriales.

El diseño de la infraestructura de red mediante fibra óptica para la interconexión de medidores de energía en la planta de Diaco S.A. está respaldado por normativas que garantizan una implementación segura, eficiente y acorde con las necesidades de un entorno industrial complejo. Este diseño permite no solo la captura y análisis de datos en tiempo real, sino también una operación confiable y escalable en el futuro.

La empresa Diaco S.A. tiene diseño de red WAN que conecta varias de sus plantas y sedes distribuidas en todo el país con la sede principal en Bogotá. Este enfoque permite la interconexión eficiente y segura entre las distintas ubicaciones de la empresa, optimizando el flujo de información y la operación integral de sus procesos industriales y administrativos.

En el caso específico de la planta de Tuta, se le ha asignado el segmento de red 10.63.0.0/16, permitiendo su integración dentro del esquema global de la compañía. Para el nuevo proyecto de medidores de energía, se ha creado una VLAN específica, la VLAN 97, la cual es utilizada en el tercer octeto de la dirección IP, asignando el segmento 10.63.97.0/24 para este fin. Esta configuración asegura una segmentación adecuada del tráfico y el monitoreo eficiente del consumo energético.

De igual manera, Diaco S.A. ha implementado la VLAN 92 para la gestión administrativa de todos los switches industriales. Este segmento de red, identificado como 10.63.92.0/24, está

dedicado exclusivamente a la administración de los switches, proporcionando un entorno seguro y organizado para el monitoreo y la configuración de estos dispositivos clave en la red industrial.

Esta separación en VLANs permite un control más granular de las funciones de la red, mejorando la seguridad, la escalabilidad y la administración de los recursos tecnológicos dentro de la planta de Tuta y en otras ubicaciones de la compañía.

Tabla 2

Direcciones de red planta Tuta asignado por el area infraestructura

Segmentos de Red		
Destino	Dirección de Red	Mascara de subred
Regional Colombia	10.0.0.0/8	255.0.0.0
Planta tuta	10.63.0.0/16	255.255.0.0
Administración de switches industriales	10.63.92.0/24	255.255.255.0
Servidores industriales	10.63.95.0/24	255.255.255.0
Medidores de energía	10.63.97.0/24	255.255.255.0

Nota. Esta tabla presenta el direccionamiento IP que se utiliza para la configuración de los diferentes dispositivos conectados a la red. *Fuente.* Autor.

Definición de los Dispositivos de Red

En la planta de Tuta de Diaco S.A., se ha decidido, en conjunto con el área de automatización, la implementación de una infraestructura de red sólida y confiable para soportar los procesos industriales críticos. Esta infraestructura está basada en switches industriales con capacidad híbrida, los cuales permiten el uso tanto de fibra óptica como de cable de cobre Ethernet, ofreciendo flexibilidad y escalabilidad para las necesidades actuales y futuras de la compañía. Después de un análisis exhaustivo de las alternativas disponibles en el mercado, se ha optado por utilizar dispositivos de la marca Hirschmann, en su referencia BRS40 8TX/4SFP la

cual se puede observar en la figura 6, los cuales cumplen con los requerimientos técnicos y operativos de Diaco.

Figura 6

Switch Hirschmann BRS40



Nota. Esta imagen corresponde a la distribución física de puertos del switch Hirschmann seleccionado. Tomado de (Mouser Electronics, 2024)

El switch Hirschmann BRS40 8TX/4SFP (Mouser Electronics, 2024) es una solución que combina robustez, fiabilidad y flexibilidad, aspectos fundamentales para entornos industriales exigentes como el de la planta de Tuta. Este dispositivo ofrece ocho puertos Ethernet para conexiones de cobre y cuatro ranuras SFP para enlaces de fibra óptica, lo que facilita la integración con diferentes tipos de medios de transmisión y permite una mayor flexibilidad en el diseño de la red. La posibilidad de utilizar módulos SFP de 1 gigabit también brinda la opción de escalar el ancho de banda de la red a medida que los requerimientos de conectividad de la planta aumenten.

Una de las grandes ventajas del BRS40 8TX/4SFP es su capacidad de instalación sobre riel DIN, lo que elimina la necesidad de montar racks adicionales en los tableros de control. Esto es especialmente importante en el contexto de una planta industrial, donde el espacio en los armarios de control es limitado y la facilidad de instalación y maniobrabilidad es clave para optimizar los recursos. La solución de Hirschmann no solo resuelve esta limitante, sino que también permite una gestión más eficiente del cableado, reduciendo la complejidad de las instalaciones y mejorando la organización general del sistema.

Además de su diseño compacto y adaptable, los switches de Hirschmann destacan por su robustez y fiabilidad, atributos esenciales en entornos industriales que enfrentan condiciones ambientales adversas. El BRS40 está diseñado para resistir temperaturas extremas, vibraciones, humedad, polvo y agua, garantizando un funcionamiento continuo sin interrupciones. Esta capacidad de soportar condiciones hostiles es crucial para evitar fallos de red que puedan impactar negativamente en la producción y en la operatividad de la planta.

Otro factor determinante en la elección del BRS40 es la seguridad de red que ofrece. En un entorno industrial, la protección de los datos y el control de acceso son vitales para prevenir ataques o accesos no autorizados que puedan comprometer los sistemas. El switch incluye funcionalidades avanzadas como la autenticación de dispositivos y usuarios, la creación de listas de control de acceso (ACL) y la detección de intrusos, lo que refuerza la seguridad del entorno de red. Esta capa adicional de protección es especialmente importante considerando la integración de dispositivos de automatización y control en la red, los cuales deben estar blindados frente a posibles ciberataques.

En términos de gestión de red avanzada, el Hirschmann BRS40 facilita la supervisión y configuración remota a través de múltiples interfaces, como CLI (Command Line Interface),

GUI (Graphical User Interface) y protocolos de gestión estándar como SNMP (Simple Network Management Protocol). Esto permite una administración eficiente y centralizada de la red, lo que es vital para detectar y resolver posibles problemas antes de que impacten en la producción.

Además, la compatibilidad con protocolos industriales como PROFINET, EtherNet/IP y Modbus TCP lo hace ideal para integrarse en los sistemas de automatización de la planta, asegurando una interoperabilidad sin complicaciones con los dispositivos y aplicaciones ya existentes.

Otra ventaja significativa es su capacidad para resistir interferencias electromagnéticas (EMI), una característica esencial en entornos industriales donde la maquinaria pesada y otros equipos eléctricos pueden generar interferencias que afecten el rendimiento de la red. Los dispositivos de Hirschmann, incluidos los de la serie BRS40, están diseñados específicamente para minimizar la susceptibilidad a estas interferencias, asegurando una conectividad estable y confiable en todo momento.

A nivel corporativo, la planta de Tuta forma parte de la red WAN de Diaco, que conecta múltiples sedes a nivel nacional, incluyendo la planta principal en Bogotá. En este contexto, la infraestructura de red local de la planta está segmentada para garantizar el aislamiento y la seguridad de los sistemas industriales, separándolos de la red corporativa mediante un firewall FortiGate 100F. Este firewall actúa como una primera línea de defensa, controlando y filtrando el tráfico entre los diferentes segmentos de la red y proporcionando una capa adicional de protección a los switches industriales, como el Hirschmann BRS40.

El uso del Hirschmann BRS40, en combinación con los módulos de 1 gigabit de la misma marca y el firewall FortiGate, crea una infraestructura de red sólida, segura y escalable, que está diseñada para soportar los crecientes desafíos de la automatización y la digitalización en la planta de Tuta. Además, la soporte técnico y servicio postventa de Hirschmann ofrece una garantía

adicional de que cualquier problema que pueda surgir en el futuro será abordado de manera rápida y eficiente, proporcionando actualizaciones de firmware y asistencia técnica especializada.

La selección del switch Hirschmann BRS40 8TX/4SFP para la planta de Tuta de Diaco S.A. se justifica no solo por su capacidad para operar en entornos industriales exigentes, sino también por sus características avanzadas de seguridad, gestión y compatibilidad con protocolos industriales. Estas cualidades aseguran que la red industrial pueda crecer y adaptarse a las futuras necesidades de la compañía, mientras que garantiza un rendimiento óptimo y una alta disponibilidad en todo momento. Este enfoque permite a Diaco optimizar la eficiencia operativa de sus procesos industriales, al mismo tiempo que asegura la integridad y seguridad de sus sistemas críticos.

De igual manera, se opta por módulos para conector tipo LC de la misma marca. Los módulos de fibra óptica Hirschmann M-SFP-SX/LC que se muestran en la figura 7, ofrecen varias ventajas significativas para aplicaciones industriales y empresariales que requieren conectividad de red confiable y de alto rendimiento.

Figura 7

Módulos de F.O: F Hirschmann M-SFP-SX/LC



Nota. Esta imagen corresponde a los módulos LC para conectar la fibra óptica con conectores LC al switch. *Tomado de* (HIRSCHMANN, 2024)

Los módulos SFP (Small Form-factor Pluggable) de Hirschmann proporcionan un rendimiento óptico de alta calidad que garantiza una transmisión de datos rápida y confiable a través de largas distancias. EL módulo SFP es un Transceiver de fibra óptica a Gigabit Ethernet

Los módulos M-SFP-SX/LC son compatibles con una amplia gama de equipos de red que admiten interfaces SFP estándar, lo que permite una fácil integración en redes existentes y una mayor flexibilidad para diseñar y expandir la infraestructura de red según sea necesario. Además, están diseñados y fabricados con los más altos estándares de calidad, lo que garantiza una operación confiable incluso en entornos industriales exigentes donde pueden ocurrir vibraciones, fluctuaciones de temperatura y otros desafíos ambientales.

Estos módulos diseñados para resistir condiciones adversas, incluida la exposición a la humedad, polvo, vibraciones y variaciones de temperatura, lo que los hace ideales para su implementación en entornos industriales, como plantas de fabricación y entornos de automatización.

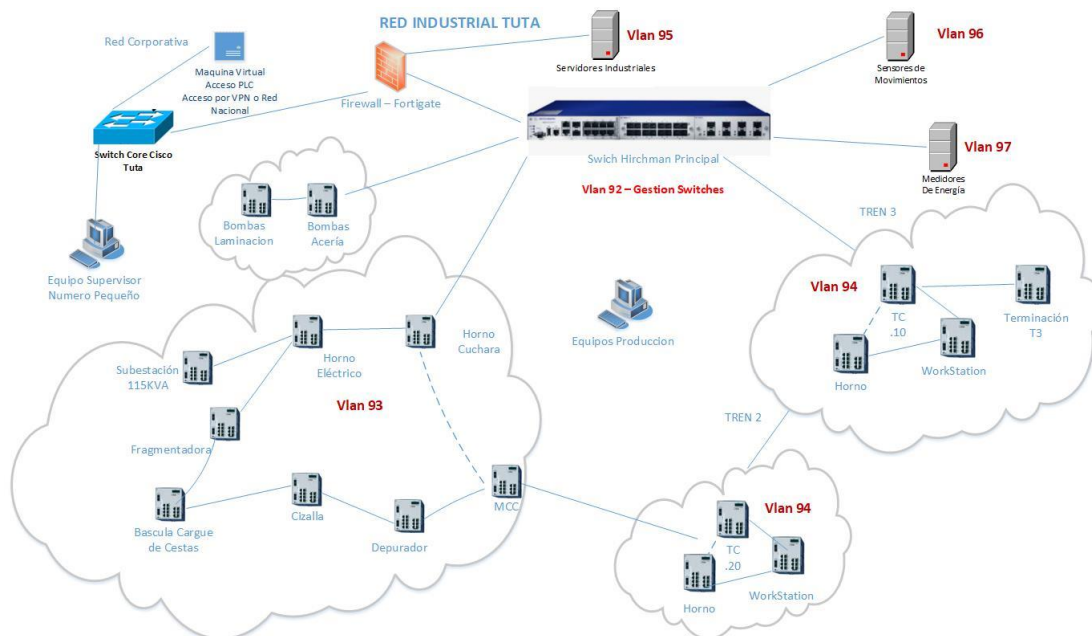
Por otra parte, los módulos SFP de Hirschmann son de conexión en caliente (hot-swappable), lo que significa que pueden ser instalados o reemplazados sin necesidad de apagar el equipo o interrumpir la operación de la red, por lo que se simplifica el mantenimiento y la gestión de la red, reduciendo el tiempo de inactividad y los costos operativos.

Seguridad y Cumplimiento

La planta de Tuta de Diaco S.A. cuenta con una red industrial protegida por un firewall FortiGate 100F, que actúa como una barrera de seguridad entre la red industrial y otros segmentos de la red corporativa. Esta configuración proporciona una mayor seguridad y fiabilidad a los procesos de manejo de información crítica, asegurando que los dispositivos utilizados en los entornos industriales estén protegidos de posibles ataques cibernéticos o accesos no autorizados. Al separar la red industrial del resto de la infraestructura corporativa, se minimizan los riesgos de comprometer los sistemas industriales ante posibles vulnerabilidades de otras partes de la red. En la figura 8 se puede observar el diagrama general de la segmentación de la red, la ubicación del firewall y el nuevo switch para la subestación de 115 KVA.

Figura 8

Red industrial planta Tuta



Nota. Este diagrama detalla las áreas principales de la planta y los switches que conforman la red, permitiendo visualizar las VLAN y la topología de la red, [Gráfico], 2024

Una de las principales ventajas del firewall FortiGate 100F es su capacidad para crear reglas de acceso adicionales y personalizadas, ajustadas específicamente para los requerimientos de los dispositivos industriales. Estas reglas permiten controlar de manera granular el tráfico entrante y saliente, impidiendo el acceso no deseado y filtrando amenazas antes de que afecten la operatividad de los sistemas.

La protección avanzada frente a ataques, como intentos de intrusión o malware, asegura que los procesos productivos en la planta de Tuta continúen sin interrupciones, con una alta disponibilidad de los sistemas críticos.

El firewall FortiGate 100F está respaldado por un firewall principal ubicado en la sede central de Diaco en Bogotá, desde donde se controla y supervisa el tráfico global de toda la red corporativa. Este doble esquema de seguridad, con un firewall en cada extremo de la red, refuerza la protección de la infraestructura, creando una defensa en profundidad que optimiza la respuesta ante cualquier incidente de seguridad.

Además, la segmentación de la red a través de los firewalls permite una mejor gestión y monitoreo del tráfico entre las diferentes sedes y plantas de la compañía, garantizando que las comunicaciones internas sean seguras y confiables.

Para garantizar el correcto funcionamiento de la red industrial, es fundamental que la solución cumpla con las normativas locales e internacionales en telecomunicaciones; Esto incluye adherirse a estándares establecidos por organizaciones como la IEEE, ISO y normativas locales específicas que regulan el uso de infraestructuras de telecomunicaciones.

Al implementar esta solución, se debe realizar un análisis de las normativas aplicables y asegurar que todos los componentes de la red, incluyendo hardware y software, estén certificados y documentados conforme a estos requisitos. El cumplimiento normativo no solo previene

sanciones legales, sino que también garantiza la interoperabilidad y la seguridad de las comunicaciones.

Además de la conformidad normativa, se implementarán medidas de seguridad críticas que aseguran la integridad y confidencialidad de la red. Los switches gestionables, que permiten el control de acceso puerto a puerto, serán configurados para habilitar únicamente aquellos puertos que estén en uso. Esta estrategia es vital para evitar conexiones físicas no autorizadas y proteger la red contra intrusos potenciales.

La desactivación de puertos no utilizados contribuye a reducir significativamente el riesgo de acceso no autorizado, creando así un entorno más seguro para la operación de los dispositivos conectados.

Finalmente, la gestión segura de contraseñas es un aspecto esencial para la administración de la red. Se aplicarán políticas estrictas que requieran el uso de contraseñas seguras tanto en la interfaz de administración web como en el acceso por consola. Esto incluye la implementación de contraseñas que contengan una combinación de letras, números y caracteres especiales, así como la rotación periódica de las mismas.

Estas prácticas asegurarán que solo el personal autorizado tenga acceso a la configuración de la red, reduciendo la probabilidad de incidentes de seguridad y fortaleciendo la defensa contra accesos no deseados.

Medidores de Energía

La medición en tiempo real es un requisito esencial para los medidores de energía, por lo que estos dispositivos deben ser capaces de transmitir datos de consumo de manera continua o en intervalos configurables que se adapten a las necesidades del usuario. Esto permite un monitoreo constante y actualizado del uso de energía, facilitando la toma de decisiones informadas sobre el consumo y la gestión de recursos energéticos.

Además, la compatibilidad con estándares es fundamental para garantizar la interoperabilidad de los dispositivos. Los medidores deben ser compatibles con protocolos estándar de medición y comunicación, como IEC 62056, Modbus, Profinet, DLMS/COSEM, entre otros.

Esta compatibilidad permite que los medidores se integren fácilmente en diversas infraestructuras y sistemas existentes, optimizando su implementación y facilitando la comunicación de datos entre diferentes dispositivos.

Por último, la capacidad de integración con software de gestión de energía es crucial para un funcionamiento eficiente. Los medidores deben poder conectarse sin dificultades a las plataformas de gestión, lo que permite un análisis detallado del consumo energético.

También es importante que cuenten con la capacidad de almacenar datos de consumo en caso de una pérdida temporal de conexión, asegurando que esta información se envíe automáticamente cuando la conexión se restablezca. Esto garantiza que no se pierdan datos críticos y se mantenga la continuidad en el monitoreo energético.

Los medidores Siemens SENTRON PAC4200 (SIEMENS, 2010) y Schneider PowerLogic PM 800 (Schneider Electric, 2014), implementados en Diaco destacan por su capacidad de medir el consumo energético en tiempo real y de manera configurable, lo cual es

crucial para la industria. Estos dispositivos aseguran que la transmisión de datos sea continua o ajustada a intervalos específicos según las necesidades operativas de la planta, lo cual permite un monitoreo constante y preciso del consumo de energía.

Esta capacidad de ajuste proporciona flexibilidad para responder rápidamente ante variaciones de consumo, optimizando la toma de decisiones sobre el uso y la distribución de recursos energéticos. Por otro lado, estos medidores están diseñados para integrarse con diferentes sistemas y plataformas gracias a su compatibilidad con protocolos de comunicación estándar, como Modbus y Profinet, lo cual asegura una alta interoperabilidad dentro de la infraestructura de Diaco.

La integración con el software de gestión de energía permite realizar análisis detallados, facilitando un control eficiente del consumo. Además, cuentan con almacenamiento temporal de datos que asegura la continuidad en el monitoreo, permitiendo recuperar y transmitir información una vez restablecida la conexión. Esto no solo evita la pérdida de datos críticos, sino que también respalda la eficiencia operativa y el cumplimiento con normativas de telecomunicaciones y seguridad.

Software de Gestión de Energía

El software de gestión de energía debe incorporar funcionalidades de monitorización en tiempo real, permitiendo a los usuarios visualizar y seguir los datos de consumo energético de manera instantánea. Esta característica es fundamental para identificar comportamientos anómalos y para tomar decisiones informadas en el momento.

Además, la capacidad de análisis de consumo debe incluir herramientas que permitan estudiar patrones de uso, identificar picos de demanda y evaluar la eficiencia energética. Con estos análisis, las organizaciones pueden optimizar su consumo, reducir costos y contribuir a un uso más sostenible de los recursos energéticos.

Una interfaz de usuario amigable es esencial para garantizar que todos los usuarios, independientemente de su nivel de experiencia técnica, puedan navegar con facilidad por el software. Esta interfaz gráfica debe facilitar la gestión de dispositivos y datos, permitiendo un acceso sencillo a la información crucial.

Por otra parte, el software debe contar con la capacidad de generar reportes automatizados que proporcionen información periódica sobre el consumo de energía y la eficiencia operativa. Estos reportes no solo ahorran tiempo, sino que también permiten a los responsables tomar decisiones estratégicas basadas en datos concretos.

Para garantizar que el software se mantenga relevante a medida que la infraestructura de energía de Diaco crece, debe ser escalable, capaz de soportar un número creciente de medidores y dispositivos a lo largo del tiempo. Este software también debe estar centralizado en un servidor accesible a través de la web, lo que permitirá un acceso conveniente desde diversas ubicaciones. Además, es importante contar con un soporte de actualizaciones extendidas con el fabricante, así

como una licencia propia para Diaco, lo que asegurará el correcto funcionamiento y la adaptación continua del software a las nuevas tecnologías y necesidades del mercado.

Teniendo en cuenta las características mencionadas anteriormente, se selecciona el software SIMANTIC Energy Pro para la gestión de energía, debido a que ofrece una amplia gama de beneficios que se alinean con las necesidades de eficiencia y sostenibilidad de las organizaciones.

Uno de los principales beneficios es su capacidad de monitorización en tiempo real, que permite a los usuarios rastrear y analizar el consumo de energía de manera continua. Esto no solo ayuda a identificar desviaciones y picos de consumo de inmediato, sino que también permite a la empresa reaccionar rápidamente ante situaciones anómalas, optimizando así la gestión de sus recursos energéticos y mejorando su eficiencia operativa.

Otro aspecto destacado de SIMANTIC Energy Pro es su enfoque en el análisis de datos. El software incluye herramientas avanzadas para el análisis de patrones de consumo, lo que permite a los usuarios obtener insights significativos sobre su uso de energía.

Esta capacidad de análisis no solo facilita la identificación de oportunidades para mejorar la eficiencia energética, sino que también ayuda a la organización a establecer estrategias a largo plazo para la reducción de costos y la sostenibilidad. Al contar con reportes automatizados, la empresa puede evaluar su rendimiento energético y tomar decisiones informadas basadas en datos concretos.

Además, SIMANTIC Energy Pro está diseñado con una interfaz de usuario intuitiva, lo que permite una fácil navegación y gestión de dispositivos y datos. Esto es especialmente valioso para la organización que desea capacitar a su personal en la gestión de energía sin requerir una formación técnica extensa.

La escalabilidad del software garantiza que pueda adaptarse a la evolución de la infraestructura de energía de la empresa, mientras que su centralización en un servidor y su acceso web facilitan la colaboración y el monitoreo desde diversas ubicaciones. En conjunto, estas características hacen de SIMANTIC Energy Pro una solución integral y eficiente para la gestión de energía en el contexto actual.

Operativos y Mantenimiento

En el proyecto de la planta Tuta, la implementación de un sistema de monitoreo de red es clave para garantizar el funcionamiento continuo y eficiente de todos los componentes. Para este propósito, se selecciona el software Hirschmann Industrial HiVision, conocido por su capacidad para ofrecer una visión integral de la red industrial.

Este software permite la supervisión en tiempo real de dispositivos, switches y otros equipos de red, proporcionando una interfaz visual clara y fácil de usar. Entre sus principales beneficios se encuentra la posibilidad de identificar rápidamente problemas de conectividad y ofrecer soluciones automatizadas para minimizar el impacto de las fallas, lo que asegura la estabilidad operativa y la eficiencia en la planta.

Además, el sistema de monitoreo está configurado para generar alertas y notificaciones inmediatas en caso de fallos o anomalías. Estas notificaciones pueden enviarse directamente al personal técnico a través de correos electrónicos, mensajes de texto o mediante paneles de control centralizados, lo que permite una respuesta rápida y precisa.

La capacidad de recibir notificaciones en tiempo real reduce significativamente el tiempo de inactividad, ya que los equipos técnicos pueden actuar antes de que los problemas afecten gravemente la operación de la red o el rendimiento de los medidores de energía, garantizando así una mayor continuidad en la producción.

Un aspecto esencial para asegurar el funcionamiento óptimo de la red en la planta Tuta es la implementación de un plan de mantenimiento preventivo. Este plan incluirá revisiones periódicas tanto para los equipos de red como para los medidores de energía y el software de gestión.

Al realizar inspecciones programadas, actualizaciones de software y pruebas de rendimiento, se busca prevenir fallos antes de que ocurran, prolongar la vida útil de los equipos y mantener la red en condiciones óptimas. El mantenimiento preventivo es un pilar fundamental para minimizar los riesgos operativos, mejorar la eficiencia energética y asegurar que la red esté siempre lista para cumplir con las demandas de la planta.

Por último, se cuenta con un soporte técnico especializado desde el área de Tecnología de la Información, tanto a nivel local, como a nivel superior del orden nacional, compuesto por personal con experiencia en la gestión de redes industriales y en el manejo de tecnologías avanzadas de telecomunicaciones. Este equipo estará disponible para resolver cualquier problema técnico que pueda surgir, desde la configuración de dispositivos hasta la resolución de fallas críticas en la red.

Además, el soporte técnico trabajará en conjunto con el software de monitoreo para asegurar que todos los componentes funcionen de manera eficiente y que las reparaciones se realicen de manera rápida y efectiva. Contar con personal especializado asegura que la planta pueda operar de manera confiable, reduciendo tiempos de inactividad y optimizando los procesos industriales en todo momento.

Costos y Presupuesto

En el proyecto de la planta Tuta, los costos iniciales se ven reducidos gracias a que el área de mantenimiento central ya ha realizado la compra e instalación de los medidores de energía. Estos medidores, aunque representan una inversión importante, aún no están conectados a la red, lo que plantea la necesidad de modernización.

Para completar esta fase, se adquirió switches gestionables, servidores para el almacenamiento y procesamiento de datos, y licencias de software para el análisis de datos, el monitoreo y la gestión de la red. Además, se consideran los costos asociados a la implementación de la infraestructura de red, como el cableado, la instalación de ductos, fibra óptica y otros dispositivos necesarios para asegurar la conectividad total de los medidores con el sistema centralizado de gestión.

En cuanto a los costos de mantenimiento, se debe tener en cuenta que los equipos y el software instalados requerirán actualizaciones periódicas para garantizar su funcionamiento óptimo y la seguridad de la red. El mantenimiento del hardware, que incluye switches, servidores y medidores, es esencial para prevenir fallos y prolongar la vida útil de los dispositivos.

Igualmente, el software de monitoreo debe ser actualizado regularmente para garantizar compatibilidad con nuevos protocolos, mejoras en la seguridad y nuevas funcionalidades que optimicen la operación de la red. Estos costos de mantenimiento se deben planificar dentro del presupuesto para asegurar la continuidad operativa sin interrupciones.

Finalmente, el presupuesto de operación incluye el costo de capacitación del personal especializado encargado de la gestión de la red y del sistema de monitoreo. Este equipo será responsable de supervisar la red, realizar mantenimiento correctivo y preventivo, y responder a cualquier incidente que pueda surgir.

Además, se contempla el costo del servicio eléctrico asociado al funcionamiento continuo de los equipos de red y servidores, así como al monitoreo constante de los medidores. Estos gastos operativos son fundamentales para garantizar la eficiencia de la red y el cumplimiento de los objetivos de modernización y optimización energética en la planta Tuta.

En la tabla 3 se puede apreciar un resumen de los gastos más importantes del proyecto, que incluye dispositivos, equipos de cómputo, mano de obra, entre otros.

Tabla 3

Presupuesto

Recurso	Descripción	Presupuesto COP
1. Equipo Humano	Gerardo Triana – Desarrollador e implementador del proyecto.	N/A
	Computador Dell Precision Tower 3630	\$ 15.000.000,00
2. Equipos y Software	Software SIMANTIC Energy Pro	\$ 13.500.000,00
	Switch Hirschmann BRS-40	\$ 11.300.000,00
	Software Hirschmann HIVISION	\$ 10.250.000,00
3. Viajes y Salidas de Campo	Desplazamiento a planta Tuta Diaco S.A. para diseños, implementación y pruebas	N/A
	Ductos y accesorios de canalización	\$ 2.609.727,00
	Budy para fusiones de F.O. Commscope	\$ 2.632.875,00
4. Materiales y suministros	Fibra óptica OM4 Commscope 6 hilos	\$ 4.066.658,00
	Pigtails F.O. OM4	\$ 3.364.011,00
	Fusión de fibra óptica 12 hilos	\$ 1.180.284,00
	certificación y etiquetado	\$ 265.793,00
	Servicio de instalación obra civil y F.O.	\$ 4.381.370,00
5. Bibliografía	Recomendaciones ITU-T G.652 - ITU-T G.657 – ITU-T Y.2001 norma TIA598-C	N/A
Total		\$ 68.550.718,00

Nota. La tabla presenta un análisis de costos de los elementos principales para la implementación del proyecto. *Fuente.* Autor.

Implementación

La implementación de la red de fibra óptica en la planta Tuta tiene como objetivo mejorar la conectividad y el control de los sistemas críticos, asegurando una comunicación eficiente entre el cuarto de control del horno eléctrico y la subestación de 115KVA para lograr interconectar los medidores de energía. Con la red Este proyecto sigue estrictamente las normativas técnicas y de seguridad, garantizando una infraestructura robusta y confiable que soportará las demandas operativas actuales y futuras de la planta.

El primer paso para la implementación del proyecto en la planta Tuta de Diaco consiste en la instalación de la fibra óptica, que conectará el cuarto de control del horno eléctrico con el cuarto de control de la subestación de 115KVA. Esta fase crucial se realizará siguiendo los materiales indicados en las tablas 4, garantizando que todas las especificaciones técnicas sean respetadas; Para llevar a cabo esta tarea, se contratará personal externo, quienes se encargarán de la obra civil, el tendido de la fibra óptica, la instalación de las buddies, los empalmes y la certificación de la fibra.

A partir de las rutas diseñadas para la red de comunicaciones industriales, se ha definido, sobre planos técnicos, tal como se ilustra en la figura 9 resaltado en rojo, el trazado específico para la instalación de los ductos y la fibra óptica. Este trazado conecta el cuarto de control del horno eléctrico con el cuarto de control de la subestación de 115 KVA, asegurando una implementación eficiente y segura de la infraestructura de telecomunicaciones.

Tabla 4*Listado de materiales para la instalación de Fibra óptica*

Ítem	Descripción	Unid	Cantidad
Segmento Horizontal			
1	Instalación cable UTP	ml	80
2	Conector RJ45	un	2
3	Marquilla acrílica para salida lógica	un	1
4	Certificación de salidas lógicas UTP	un	1
5	Ponchado de UTP en patch panel	un	1
6	Transceiver F.O. / UTP	un	2
Segmento Administración			
7	Buddy para alojar 12 fusiones	un	1
8	Splicing para protección de fusión	un	12
9	Fusión de hilo de fibra óptica	un	12
10	Pigtail de fibra óptica LC	un	12
11	patch Cord de fibra óptica LC - LC de 10 m	un	2
12	Kit de breakout 6 hilos	un	2
13	Pruebas, Certificación backbone Fibra Óptica	Hilos	12
Backbone de voz y datos			
14	Fibra óptica tipo exterior 6H,	ml	85
15	Conectores rectos de 3/4" para coraza liquid tight	un	4
16	corazas de 3/4"	ml	60
17	Tubería Imc 3/4"	ml	12
18	Abrazadera de 3/4"	un	72

Nota. La tabla presenta un análisis de materiales para la instalación de la infraestructura de red.

Fuente. Autor.

Figura 10

Fusión de Pigtails



Nota. Máquina empalmadora y procedimiento de fusión de Pigtail de fibra óptica con terminación en conector LC. [foto], 2024.

Una de las consideraciones técnicas más importantes es el uso del método de inversión par por par, que permite asegurar la polaridad adecuada entre los terminales de transmisión y recepción (TX-RX). Además, se realiza un control de identificación de los cables y las bandejas mediante placas adecuadas a lo largo de todo el recorrido, lo cual facilitará futuras labores de mantenimiento y diagnóstico de la red de fibra óptica.

Debido a las condiciones del medio causado por las condiciones industriales, los casetes que contienen las terminaciones de la fibra se organizan en buddies con enfrentadores LC-LC, como se muestra en la figura 11 para el Horno eléctrico y en la figura 12 para la subestación de 115 KVA, permitiendo conservar en óptimas condiciones las terminaciones de la fibra.

Figura 11

Buddy fibra óptica Horno eléctrico



Nota. Buddy de Horno eléctrico con certificación IP65 protegido herméticamente al polvo y contra el agua proyectada. [Foto], 2024

Figura 12

Buddy fibra óptica Subestación 115 KVA



Nota. Buddy de Subestación 115 KVA con certificación IP65 protegido herméticamente al polvo y contra el agua proyectada. [Foto], 2024

En cuanto a las tuberías que protegen la fibra, se utilizan conductos metálicos del tipo IMC para instalaciones aéreas, con cajas de paso distribuidas cada 30 metros, respetando los radios de curvatura establecidos para proteger la integridad de los cables. Estas cajas de paso no solo facilitan el mantenimiento periódico y la inspección de los conductos, sino que también permiten realizar ajustes o reparaciones sin comprometer la totalidad del sistema.

Para asegurar la fiabilidad de la instalación, todas las fibras ópticas son certificadas utilizando un equipo de medición que cumple con los estándares internacionales; además, se generan informes técnicos que evidencian el cumplimiento de los parámetros exigidos, tales como atenuación y continuidad. Los resultados del equipo de medición se presentan en el compendio del anexo 1, detallando las métricas obtenidas y las condiciones bajo las cuales se realizaron las pruebas.

En cuanto a las especificaciones técnicas, todas las instalaciones están adheridas al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) vigente en Colombia. Esto incluye la separación física entre conductores eléctricos y otros tipos de cableado o tuberías dentro de la misma canalización, reduciendo la interferencia electromagnética y mejorando la seguridad operativa.

El proyecto también cumple con los estándares técnicos y operativos de Gerdau Diaco, que incluyen la elaboración de procedimientos operativos, documentación exhaustiva y la generación de manuales para el personal técnico. Asimismo, se respetan los estándares internacionales, tales como TIA/EIA-568B, TIA/EIA-569-B, TIA/EIA-606-A, TIA-758-A y TIA-942, los cuales aseguran la correcta implementación de infraestructuras de telecomunicaciones en edificios comerciales e instalaciones industriales.

A esta red, se adicionan cables de cobre Ethernet categoría 6A, que van desde los tableros de control donde están ubicados los switches hasta cada uno de los medidores, garantizando una comunicación estable y de alta velocidad. Estos tramos no superan los 15 metros de distancia, ya que el diseño de las centrales eléctricas permite tener todos los elementos de monitoreo y control centralizados. Este diseño minimiza la dispersión de puntos críticos y facilita tanto la administración como el mantenimiento de la red.

Luego de finalizar la etapa de implementación de la infraestructura física de la red, se procede con la fase crítica de configuración del direccionamiento IP para los medidores de energía y los switches industriales. Esta configuración resulta esencial para integrar correctamente los nuevos dispositivos con la red industrial existente en la planta Tuta, asegurando que cada dispositivo pueda ser identificado, monitoreado y gestionado de manera eficiente.

Adicionalmente, se realizan pruebas de conectividad que incluyen simulaciones de tráfico de datos mediante herramientas especializadas como Iperf y Wireshark. Estas pruebas permiten evaluar parámetros como latencia, velocidad de transmisión y estabilidad en los enlaces, asegurando que el desempeño de la red cumpla con los requisitos operativos de Diaco S.A.

En esta fase, se utiliza el estándar de direccionamiento IP definido por la compañía, tal como se detalla en la tabla 2, garantizando que todos los dispositivos sigan un esquema coherente y organizado. Los medidores de energía reciben direcciones IP estáticas dentro de un rango específico (Figura 13), reservado exclusivamente para los dispositivos de medición. Este esquema asegura que los medidores estén aislados de otros segmentos de la red, minimizando el riesgo de colisiones de tráfico y garantizando la integridad y la seguridad de los datos

transmitidos. Además, este enfoque facilita la integración futura de nuevos equipos y asegura que la infraestructura sea escalable para responder a las necesidades de crecimiento de la planta.

Figura 13

Configuración de direccionamiento IP de medidores de energía



Nota. Configuración manual de direccionamiento IP en medidores Siemens SENTRON PAC4200 y Schneider PowerLogic PM 800. [Foto], 2024

El uso de direcciones IP estáticas en este tipo de dispositivos es una práctica recomendada en redes industriales críticas, ya que reduce el riesgo de conflictos de dirección IP, facilita el mantenimiento y asegura una conectividad estable con el sistema de gestión de energía. Esto es esencial para asegurar que los datos de consumo energético se transmitan en

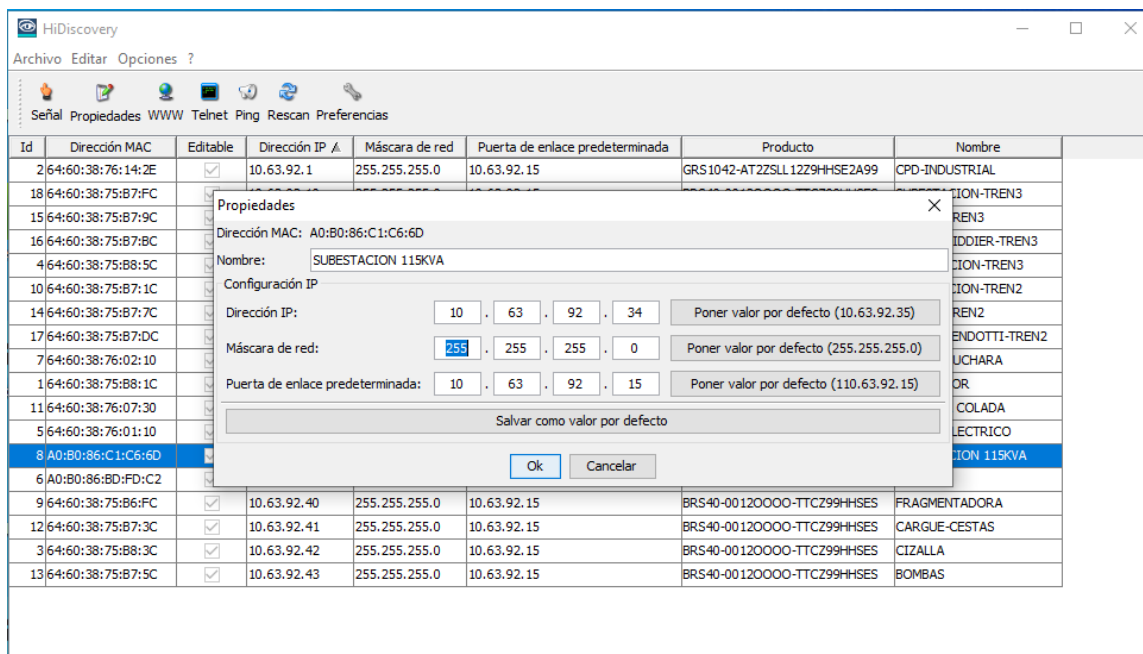
tiempo real y sin interrupciones al software de gestión. De manera similar, los switches industriales Hirschmann también son configurados con direcciones IP fijas, lo que permitirá su administración centralizada y facilitará la implementación de políticas de seguridad y monitoreo.

Para configurar la dirección IP de los switches Hirschmann, es fundamental conectarlos a la misma red en la que se encuentra un equipo de cómputo que tiene previamente instalado el software HiDiscovery. Este programa permite escanear la red en busca de dispositivos de la marca Hirschmann, identificándolos mediante su dirección MAC.

Al ejecutar el escaneo, HiDiscovery muestra los dispositivos encontrados, como se ilustra en la figura 14, facilitando su configuración inicial de forma rápida y precisa.

Figura 14

Software HiDiscovery



Nota. Funcionamiento de software HiDiscovery para la configuración inicial del nombre del dispositivo y la dirección IP. [Foto], 2024

Una vez que HiDiscovery detecta el switch Hirschmann, el software ofrece la opción de asignarle un nombre personalizado, configurar su dirección IP y definir el gateway. Estas configuraciones son esenciales para que el switch pueda ser gestionado posteriormente de manera remota a través de una interfaz web. Esta gestión web proporciona a los administradores acceso a herramientas de monitoreo y configuración avanzadas, optimizando el control y mantenimiento de la red.

Con la dirección IP asignada al segmento de la VLAN de administración, se accede a la interfaz web del switch (Figura 15), donde inicialmente se configuran un usuario y una contraseña para el perfil de administrador, asegurando así un acceso seguro. En la pantalla de inicio, se muestra la versión del firmware, permitiendo verificar si el dispositivo está actualizado, y se puede seleccionar el idioma de configuración, entre inglés y alemán, facilitando el uso por equipos de diferentes preferencias lingüísticas. Con estas configuraciones iniciales completadas, el switch queda listo para integrarse en la red industrial de los medidores de energía, optimizando su gestión y asegurando un monitoreo eficiente.

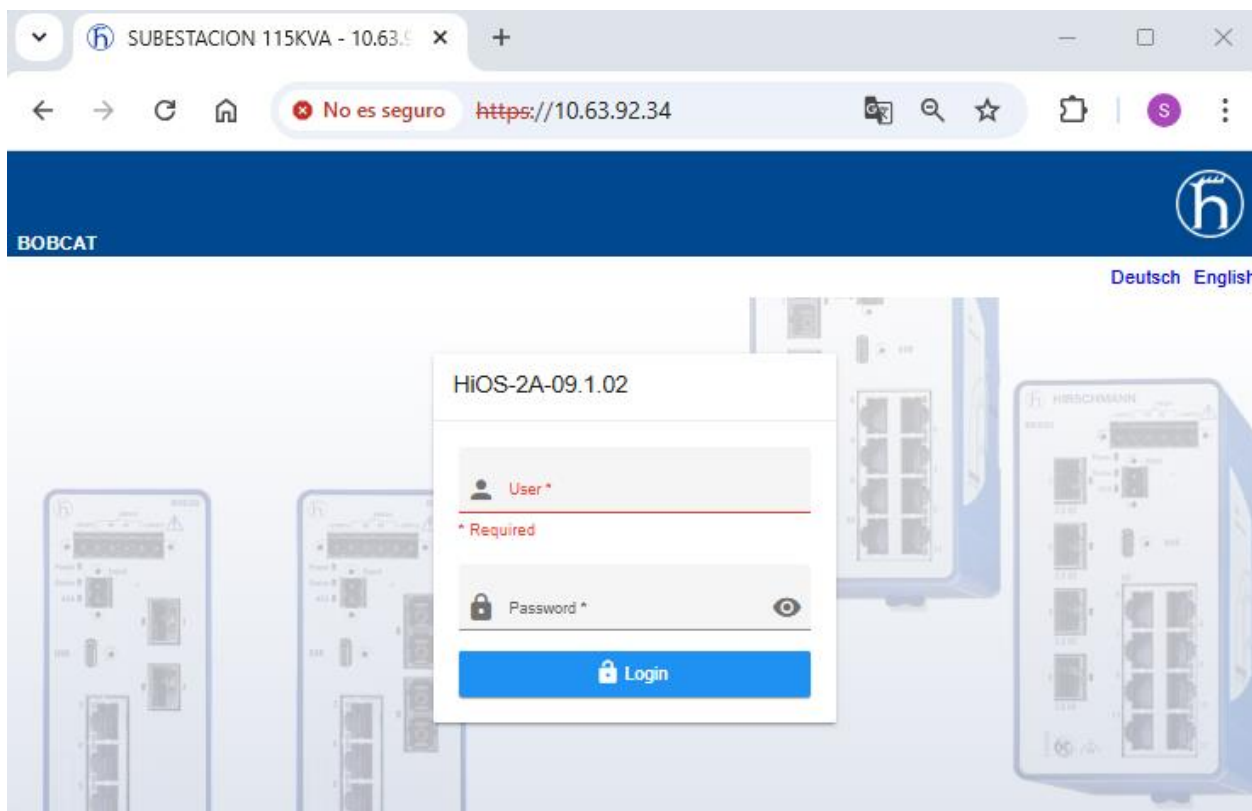
Una vez dentro de la interfaz web, se procede con la configuración de las VLANs requeridas para segmentar el tráfico de la red. Esta etapa es crucial, ya que permite asignar un ID único a cada VLAN y asociar los puertos físicos del switch a las redes correspondientes. Por ejemplo, los medidores de energía se conectan a una VLAN específica que aísla su tráfico del resto de la red, garantizando así un entorno seguro y optimizado para la transmisión de datos críticos. Además, la interfaz permite habilitar mecanismos de redundancia como Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) para asegurar la continuidad operativa en caso de fallos en los enlaces.

Adicionalmente, se configuran políticas de seguridad avanzadas, como la asignación de listas de control de acceso (ACL) y la activación de funciones de autenticación basadas en

802.1X, que restringen el acceso a dispositivos no autorizados. Estas medidas fortalecen la protección de la red industrial contra posibles amenazas externas y aseguran que solo los dispositivos configurados correctamente puedan interactuar con el switch. Una vez completadas estas configuraciones, el equipo técnico realiza pruebas de conectividad y rendimiento para validar que el switch cumple con los requisitos operativos establecidos, documentando los resultados en los reportes técnicos correspondientes.

Figura 15

Pantalla de inicio de sesión al switch



Nota. Pantalla de inicio de sesión del switch Hirschmann BRS40. [Captura de pantalla], 2024

Al ingresar las credenciales, se despliega una pantalla de estado del dispositivo, ilustrada en la figura 16, donde se visualizan parámetros clave como la disponibilidad de la fuente de alimentación principal y de respaldo, la referencia del modelo, la versión del firmware, los

límites de temperatura mínima y máxima, y la temperatura actual. Además, se muestran los días de operación desde el último reinicio, los indicadores LED de estado, y el estado de los puertos Gigabit Ethernet con dispositivos conectados. Esta pantalla proporciona una visión completa de las condiciones operativas del switch, facilitando un monitoreo detallado y en tiempo real.

Figura 16

Página principal de estado del dispositivo

The screenshot displays the web interface for a Hirschmann switch. The browser address bar shows the URL `https://10.63.92.34/#system`. The interface includes a sidebar menu with categories like Basic Settings, Time, Device Security, Network Security, Switching, Diagnostics, Advanced, and Help. The main content area is titled 'System data' and contains the following information:

System data		
System name SUBESTACION 115KVA	Location Hirschmann BOBCAT	Contact person Hirschmann Automation and Control GmbH
Device type BRS40-00120000-TTC299HHSEA HW: 2000	Power supply 1 present	Power supply 2 defective
Uptime 61d 21h 33m 37s	Temperature [°C] 50	Upper temp. limit [°C] 70
Lower temp. limit [°C] 0		

Below the system data, the 'LED status' section shows three indicators: Status (green), Power (yellow), and ACA (grey). The 'Port status' section shows three ports with their respective speeds: 1/1 (1 GBit/s), 1/2 (1 GBit/s), and 1/5 (100 MBit/s). The interface also features a search bar and navigation icons at the top right.

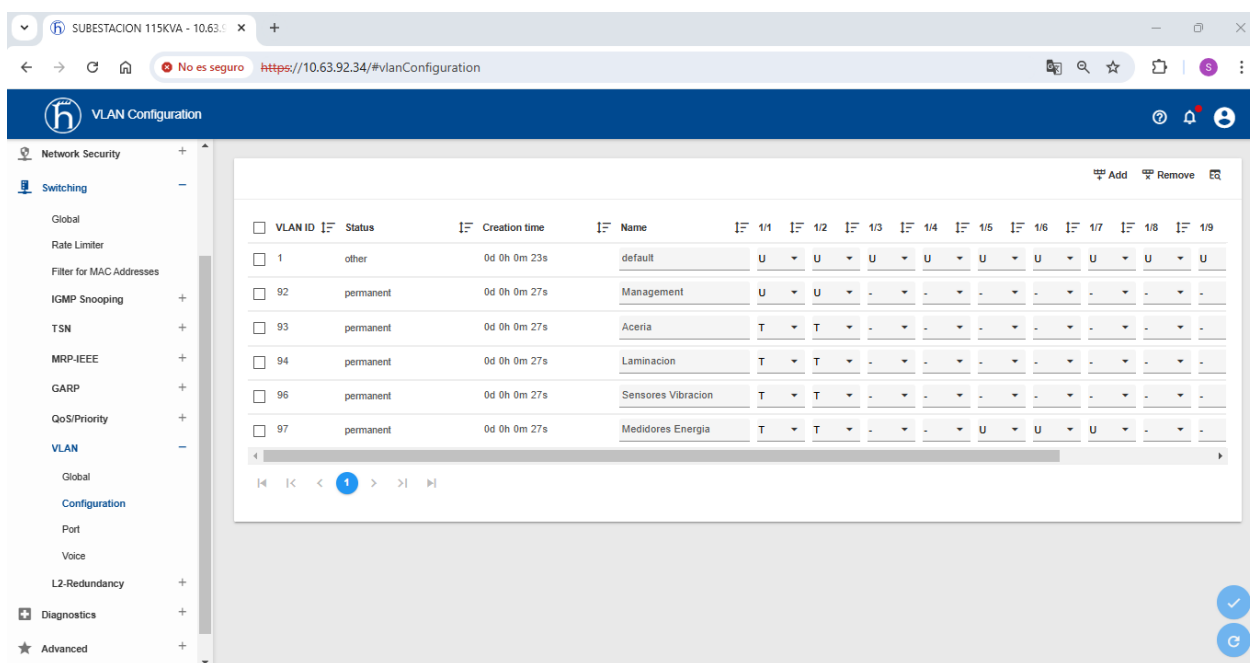
Nota. En esta imagen se presenta la pantalla de estado con los valores más relevantes en cuanto a la operación del switch. [Captura de pantalla], 2024

Para comenzar la configuración de red del switch en cada uno de los puertos, se debe seleccionar el menú “Switching”, luego el submenú “VLAN” y, a continuación, el submenú “Configuración”. Al presionar el botón “ADD”, ubicado en la parte superior derecha, se puede ingresar un ID para cada VLAN y asignarle un nombre que facilite su identificación y refleje la funcionalidad correspondiente tal como se muestra en la figura 17.

Esta práctica no solo optimiza la gestión y organización de las VLANs dentro del switch, sino que también permite a los administradores tener una visión clara de la estructura de la red. Al asignar nombres descriptivos a las VLANs, se simplifica el proceso de administración, facilitando futuras configuraciones y el diagnóstico de problemas. Además, esta nomenclatura clara es crucial cuando se trabaja en entornos colaborativos, donde varios técnicos pueden estar involucrados en la gestión de la red.

Figura 17

Página de configuración de VLANs



VLAN ID	Status	Creation time	Name	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9
1	other	0d 0h 0m 23s	default	U	U	U	U	U	U	U	U	U
92	permanent	0d 0h 0m 27s	Management	U	U	-	-	-	-	-	-	-
93	permanent	0d 0h 0m 27s	Aceria	T	T	-	-	-	-	-	-	-
94	permanent	0d 0h 0m 27s	Laminacion	T	T	-	-	-	-	-	-	-
96	permanent	0d 0h 0m 27s	Sensores Vibracion	T	T	-	-	-	-	-	-	-
97	permanent	0d 0h 0m 27s	Medidores Energia	T	T	-	-	U	U	U	-	-

Nota. Esta imagen muestra la configuración de cada una de las VLAN que se requieren en este switch de la subestación de 115KVA, máximo 128 VLAN. [Captura de pantalla], 2024

En la configuración de VLAN de un switch Hirschmann, las letras "-", "U", "T", y "F" representan distintos modos de asignación de puertos en la VLAN. A continuación, se explica el significado de cada una:

"-": Indica que el puerto no está asignado a esa VLAN específica. No participa ni recibe tráfico relacionado con esta VLAN.

"U" (Untagged): Significa que el puerto está asignado a la VLAN sin etiquetar. Cualquier tráfico que ingrese o salga a través de este puerto no tendrá una etiqueta VLAN, lo cual es útil para dispositivos finales que no soportan etiquetas VLAN.

"T" (Tagged): El puerto está asignado a la VLAN con etiquetado. Esto implica que el tráfico que pasa por este puerto llevará una etiqueta VLAN, permitiendo identificar el tráfico de diferentes VLANs. Es comúnmente utilizado en puertos que se conectan a otros switches o dispositivos compatibles con VLAN etiquetadas.

"F" (Forbidden): Indica que el puerto tiene explícitamente prohibido el tráfico de esta VLAN. Esta configuración evita que el puerto reciba o transmita cualquier tráfico de dicha VLAN, independientemente de las configuraciones de otros puertos.

Estas configuraciones permiten un control detallado de cómo cada puerto maneja el tráfico de las distintas VLANs, facilitando una administración más segura y organizada de la red.

De esta manera, los primeros cuatro puertos del switch, que están destinados a fibra óptica, deben configurarse en modo troncal conforme se van utilizando. Esta configuración troncal permite el paso del tráfico de todas las VLAN, con la excepción de la VLAN con ID 1, que está diseñada específicamente para aislar aquellos dispositivos que no están autorizados a acceder a la red.

Asimismo, la VLAN con ID 92 es exclusiva para la administración de las configuraciones de los switches, garantizando que las tareas administrativas se realicen de manera segura y controlada. Esta separación de VLANs es esencial para mantener la seguridad y

la integridad de la red, asegurando que los dispositivos no autorizados no puedan interferir con las operaciones críticas.

Además, los puertos Gigabit Ethernet, que van del 5 al 12, se configuran de forma individual, asignando VLAN específicas a cada uno. Este proceso permite segmentar el tráfico de la red de acuerdo con las funciones y necesidades de cada dispositivo conectado. Por ejemplo, se pueden crear VLANs para diferentes departamentos o tipos de dispositivos, lo que optimiza el rendimiento de la red y mejora la gestión del tráfico.

La visualización de estas configuraciones se puede observar en la figura 15, lo que proporciona una referencia clara para entender cómo se distribuyen las VLAN en los distintos puertos del switch. Esta atención al detalle en la configuración de cada puerto es crucial para asegurar que la red opere de manera eficiente y organizada, permitiendo un monitoreo efectivo del tráfico y la administración de los recursos.

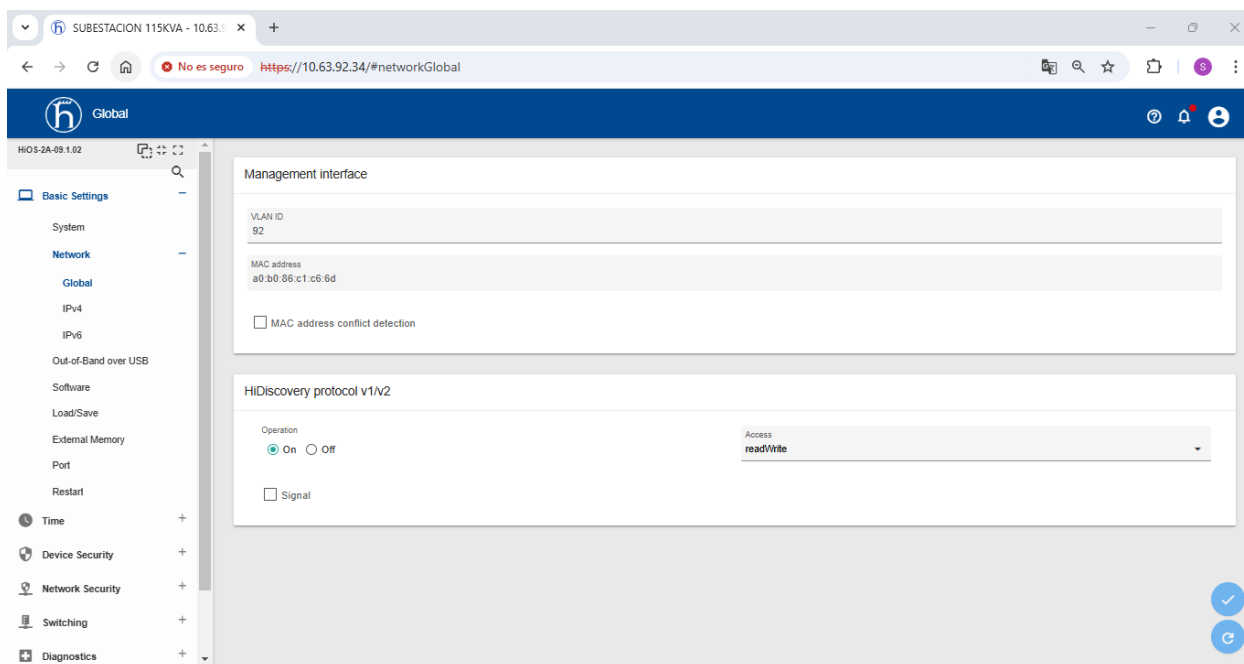
A continuación, es fundamental asignar una VLAN ID a la interfaz de administración para garantizar que la gestión del switch no se vea interrumpida al habilitar las VLAN creadas previamente. Este paso es crucial, ya que, si no se configura adecuadamente la VLAN de administración, existe el riesgo de perder el acceso al switch y, por ende, a la posibilidad de realizar ajustes o solucionar problemas en la red.

La asignación de un ID de VLAN específico para la administración permite que el tráfico de gestión del switch se mantenga separado y seguro, incluso cuando se habilitan otras VLANs en el dispositivo. De esta forma, se asegura una continuidad en la supervisión y control del switch, evitando cualquier inconveniente que pudiera surgir durante la transición a la nueva estructura de VLANs. Este proceso se ilustra en la figura 18, que muestra cómo se realiza la configuración desde el menú “Network”, sub menú “global” y subraya la importancia de

establecer una VLAN de administración adecuada antes de proceder con la habilitación de las demás VLANs, asegurando así que el switch continúe siendo accesible para su gestión y mantenimiento.

Figura 18

Configuración de VLAN ID de administración



Nota. Menú de configuración de VLAN ID necesaria para la administración y gestión del switch.
[Captura de pantalla], 2024

Ahora es fundamental asignar las VLAN creadas a cada uno de los puertos que se desean utilizar, lo que permitirá segmentar el tráfico de manera adecuada y optimizar el rendimiento de la red. Este proceso se inicia accediendo al menú "Switching" en la interfaz web del switch y seleccionando el submenú "VLAN". En esta sección, se encuentran las VLAN previamente creadas, junto con sus respectivos identificadores únicos, lo que permite una visualización general de la configuración existente. A continuación, se ingresa al submenú "Port", donde se

presenta una lista detallada de los puertos disponibles en el switch, cada uno con opciones configurables para asignar un ID de VLAN específico.

En esta interfaz, el administrador puede decidir qué puertos pertenecerán a cada VLAN, seleccionando entre modos "Tagged" o "Untagged", dependiendo de los requisitos del dispositivo conectado. Por ejemplo, los puertos configurados en modo "Tagged" transmiten tráfico con etiquetas VLAN, ideales para enlaces troncales que conectan switches entre sí, mientras que los puertos en modo "Untagged" son ideales para dispositivos finales, como medidores de energía, que no procesan etiquetas VLAN. Frente a cada puerto, se asigna el ID correspondiente a las VLAN etiquetadas previamente, asegurando que el tráfico asociado a cada VLAN sea tratado de manera independiente.

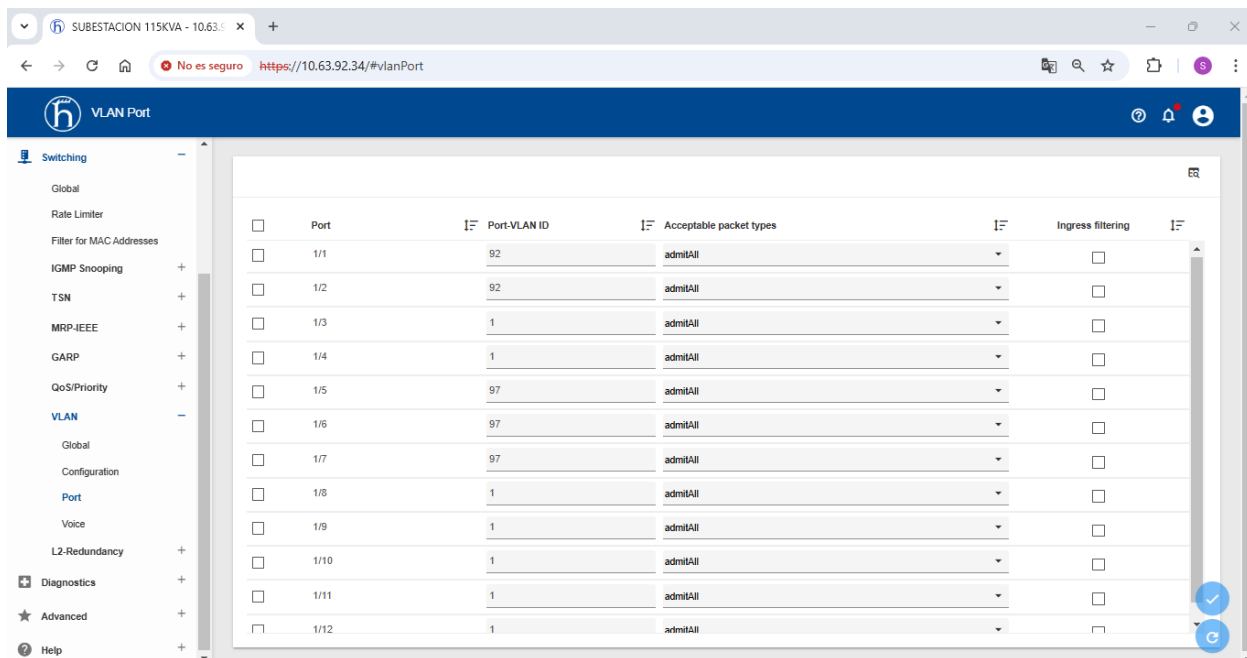
Este nivel de personalización permite segmentar distintos tipos de tráfico, como datos de los medidores de energía, servicios de administración y tráfico general de la planta, evitando que se mezclen y reduciendo el riesgo de interferencias. Además, al aislar el tráfico sensible, se mejora significativamente la seguridad, ya que el acceso no autorizado a una VLAN no comprometerá otros segmentos de la red. El diseño resultante es más eficiente y escalable, permitiendo que se integren nuevos dispositivos o servicios sin afectar el rendimiento del sistema.

Finalmente, para garantizar que la configuración sea correcta, se realizan pruebas de conectividad específicas desde cada puerto asignado a una VLAN. Estas pruebas incluyen el envío de paquetes etiquetados para verificar que los datos lleguen al destino previsto sin pérdida o interferencia. Este procedimiento, ilustrado en la figura 19, destaca los pasos clave para una asignación efectiva de VLAN y subraya la importancia de seguir rigurosamente las mejores prácticas de configuración. Una configuración precisa y bien documentada no solo asegura el

correcto funcionamiento de la red, sino que también facilita futuras tareas de mantenimiento y resolución de problemas.

Figura 19

Asignación de VLAN a los puertos físicos del switch



Nota. Menú de configuración de VLAN ID en cada puerto físico del switch. [Captura de pantalla],

2024

Otra de las características destacadas de los switches Hirschmann es la redundancia de capa 2. El L2-redundancy MRP (Media Redundancy Protocol) es una implementación específica en estos switches que permite establecer una red redundante y altamente disponible en la capa de enlace de datos. Este protocolo está diseñado para ofrecer conmutación de respaldo y una rápida recuperación ante fallos, lo cual resulta esencial en aplicaciones críticas donde la continuidad del servicio es primordial.

Gracias a MRP, los usuarios pueden disfrutar de una red más resiliente, minimizando el tiempo de inactividad y garantizando un rendimiento confiable en entornos industriales y de automatización.

Las características principales de MRP en switches Hirschmann:

Redundancia en la Capa 2: MRP se centra en la redundancia de la capa de enlace de datos (Capa 2) del modelo OSI, permitiendo que múltiples rutas entre switches se configuren para evitar bucles y garantizar la disponibilidad de la red.

Convergencia Rápida: En caso de que un enlace o un dispositivo falle, MRP permite una convergencia rápida al redirigir el tráfico a través de rutas alternativas sin interrumpir el servicio. Esto es crucial para aplicaciones que requieren un tiempo de inactividad mínimo.

Detección de Fallos: El protocolo monitorea continuamente el estado de los enlaces y dispositivos en la red. Si se detecta un fallo, MRP actúa automáticamente para reconfigurar la red y restaurar la conectividad.

Configuración Sencilla: MRP facilita la configuración de topologías de red redundantes al permitir que los administradores definan las relaciones de redundancia entre switches de manera intuitiva, lo que simplifica el proceso de implementación.

Compatibilidad con Otras Tecnologías: MRP puede trabajar en conjunto con otros protocolos de redundancia y gestión de red, lo que permite a los administradores personalizar y optimizar aún más la resiliencia de la red.

La implementación de MRP en switches Hirschmann es particularmente útil en entornos industriales y de automatización, donde la confiabilidad de la red es esencial para mantener la operación de maquinaria, sistemas de control y otros dispositivos críticos. Gracias a su capacidad

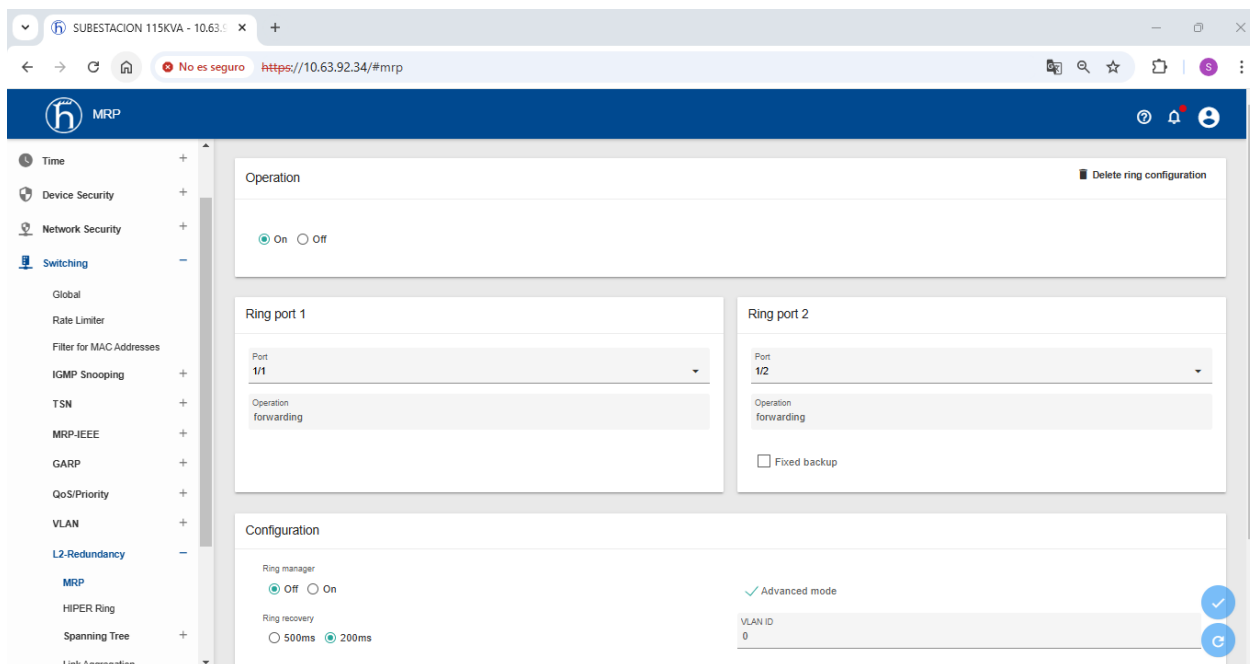
para ofrecer una recuperación rápida y eficiente ante fallos, MRP se convierte en una solución ideal para garantizar la continuidad del servicio en entornos exigentes.

Considerando lo anterior, la figura 20 muestra el proceso para activar el modo de operación L2-redundancy MRP desde el menú "Switching", accediendo al submenú "L2-Redundancy" y luego al submenú "MRP". En esta sección, se configuran los puertos 1 y 2, que están destinados exclusivamente a conexiones de fibra óptica.

Esta configuración es crucial para establecer un anillo redundante, lo que garantiza la continuidad de la red en caso de fallas. Al habilitar esta función, se asegura que el tráfico pueda redirigirse de manera eficiente, manteniendo la operatividad del sistema incluso frente a interrupciones imprevistas.

Figura 20

Configuración de redundancia de capa 2



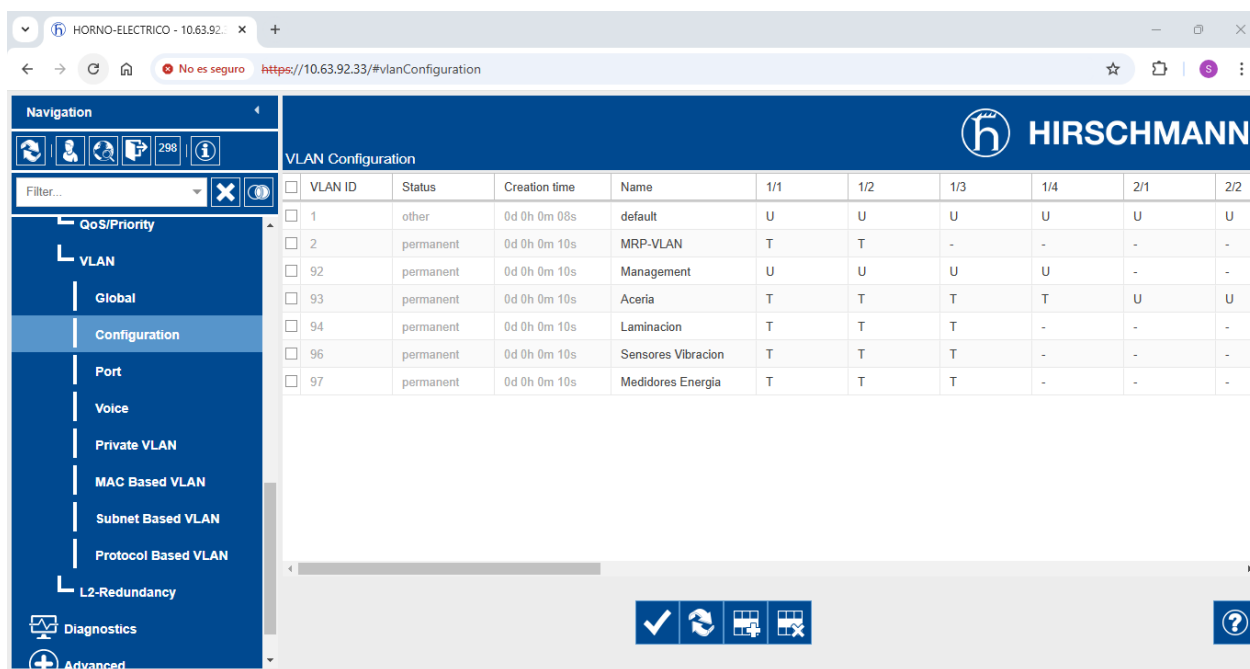
Nota. Menú de configuración de L2-Redundancy necesaria para activación de anillo redundante en caso de fallos. [Captura de pantalla], 2024

En el switch del horno eléctrico, que proporciona la conexión de fibra óptica hacia el switch de la subestación de 115KVA, se habilita y configura el puerto 3 en modo troncal para permitir la comunicación entre las VLAN necesarias.

Esta troncalización permite que el tráfico de múltiples VLAN, previamente definidas, se transmita de manera eficiente y segura a través de este puerto específico, asegurando que los datos críticos fluyan sin interrupciones entre los distintos segmentos de la red industrial. La figura 21 ilustra esta configuración, mostrando cómo el puerto 3 se integra a la topología general, optimizando la comunicación y el control entre el horno eléctrico y la subestación.

Figura 21

Página de configuración de VLANs



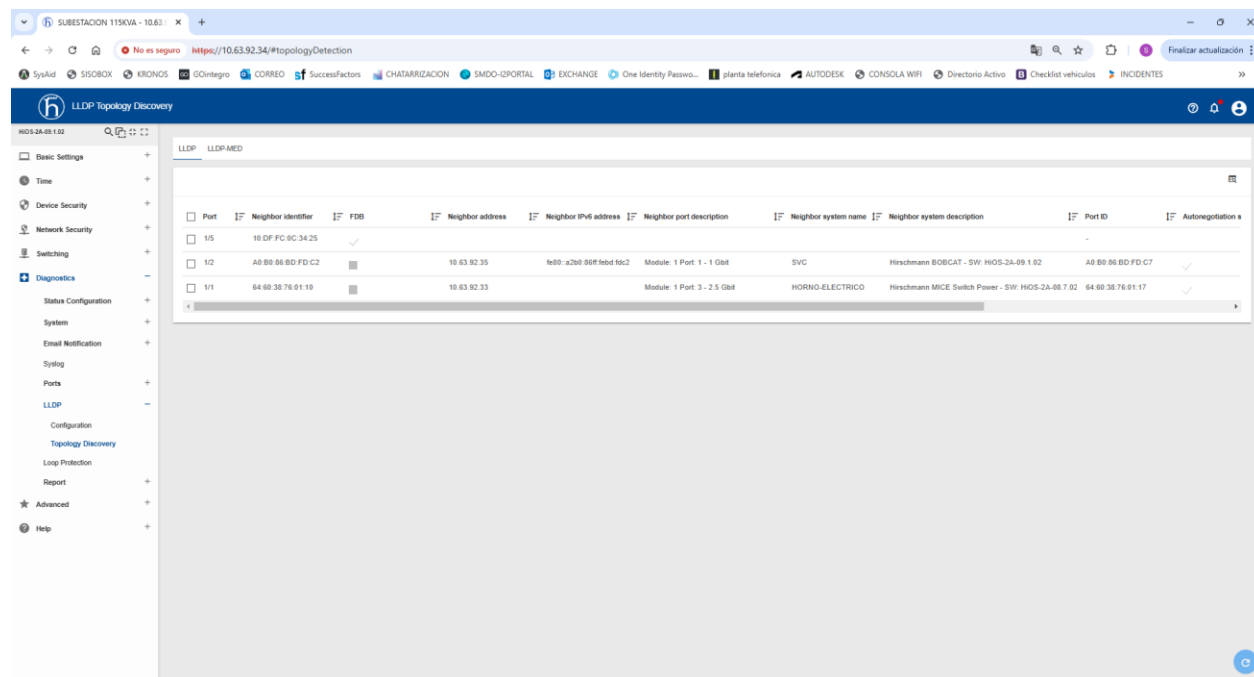
VLAN ID	Status	Creation time	Name	1/1	1/2	1/3	1/4	2/1	2/2
1	other	0d 0h 0m 0s	default	U	U	U	U	U	U
2	permanent	0d 0h 0m 10s	MRP-VLAN	T	T	-	-	-	-
92	permanent	0d 0h 0m 10s	Management	U	U	U	U	-	-
93	permanent	0d 0h 0m 10s	Acería	T	T	T	T	U	U
94	permanent	0d 0h 0m 10s	Laminacion	T	T	T	-	-	-
96	permanent	0d 0h 0m 10s	Sensores Vibracion	T	T	T	-	-	-
97	permanent	0d 0h 0m 10s	Medidores Energia	T	T	T	-	-	-

Nota. Esta imagen muestra la configuración de cada una de las VLAN que se requieren en este switch del Horno Eléctrico. [Captura de pantalla], 2024

Los switches Hirschmann en la sección de “Diagnostics”, menú “LLDP” y submenú “Topology Discovery”, se muestra el tipo de conexión que tiene cada uno de los puertos activos e identifica la dirección MAC de los dispositivos vecinos, mostrando también, la capacidad del puerto como se evidencia en la figura 22.

Figura 22

Topology Discovery



The screenshot shows the LLDP Topology Discovery page in a web browser. The page displays a table of neighbor devices connected to the switch ports. The table has the following columns: Port, Neighbor identifier, FDB, Neighbor address, Neighbor IPv6 address, Neighbor port description, Neighbor system name, Neighbor system description, Port ID, and Autorenegotiation status.

Port	Neighbor identifier	FDB	Neighbor address	Neighbor IPv6 address	Neighbor port description	Neighbor system name	Neighbor system description	Port ID	Autonegotiation s
1/5	10 DF FC 9C 34 25	✓							
1/2	A8 89 86 8D FD C2	■	10.63.92.35	fe80::a2b0:86ff:febd:fdc2	Module: 1 Port: 1 - 1 Gbit	SVC	Hirschmann BOBCAT - SW: HIOS-2A-09.1.02	A8 89 86 8D FD C7	✓
1/1	64 69 38 76 01 10	■	10.63.92.33		Module: 1 Port: 3 - 2.5 Gbit	HORN0-ELECTRICO	Hirschmann MICE Switch Power - SW: HIOS-2A-08.7.02	64 69 38 76 01 17	✓

Nota. Esta imagen muestra la lista de dispositivos vecinos conectados a cada puerto del switch.
[Captura de pantalla], 2024

Una de las características fundamentales de las redes de nueva generación es la separación de la capa de transporte de la capa de servicios. Este enfoque innovador permite una mayor flexibilidad y eficiencia en la gestión de la red, ya que facilita la implementación de una amplia variedad de servicios sobre una infraestructura de transporte común y compartida. Al desacoplar estas capas, se logra una optimización significativa del rendimiento de la red, permitiendo que los recursos disponibles se utilicen de manera más eficiente. Esto no solo

simplifica la administración, sino que también permite que las organizaciones respondan con mayor agilidad a las demandas cambiantes del entorno industrial. Además, esta arquitectura modular contribuye a una mayor escalabilidad, ya que las actualizaciones o cambios en los servicios no afectan directamente a la infraestructura de transporte subyacente, reduciendo así los riesgos de interrupciones.

Para maximizar los beneficios de esta arquitectura, se utiliza el software Industrial HiVision de Hirschmann, diseñado específicamente para operar bajo licencia de pago. Este software incluye un paquete básico que permite la conexión y monitoreo de hasta 32 dispositivos de la misma marca, lo que lo convierte en una herramienta esencial para gestionar redes industriales. Industrial HiVision ofrece una interfaz intuitiva que combina herramientas avanzadas de supervisión en tiempo real, permitiendo a los administradores visualizar el estado de los switches y las conexiones de la red de manera eficiente. Su capacidad para detectar problemas de manera proactiva y gestionar configuraciones de manera centralizada contribuye significativamente a la fiabilidad y el rendimiento general de la red industrial. Gracias a esta solución, las organizaciones pueden garantizar una operación fluida y minimizar el tiempo de inactividad, lo que resulta crucial en entornos industriales altamente demandantes.

Una de las características más destacadas de este software es su capacidad para representar gráficamente la topología de la red implementada. A través de esta representación visual, los administradores pueden observar de manera clara y detallada cómo están interconectados los dispositivos, identificando rápidamente posibles alarmas de advertencia o fallos que puedan surgir en tiempo real. Esta funcionalidad gráfica no solo facilita la comprensión de la estructura de la red, sino que también permite una respuesta inmediata ante cualquier incidencia detectada.

Además, en la parte inferior de la interfaz, se incluye un registro de eventos que proporciona información detallada sobre las incidencias ocurridas. Este registro actúa como una herramienta de auditoría que permite rastrear problemas específicos, identificar patrones recurrentes y tomar decisiones informadas para mejorar el rendimiento de la red. Por ejemplo, los administradores pueden utilizar esta información para ajustar configuraciones, planificar el mantenimiento preventivo y optimizar los recursos de manera proactiva. Estas capacidades, combinadas con su enfoque intuitivo y funcional, convierten a Industrial HiVision en una solución integral para el monitoreo y gestión de redes industriales complejas, garantizando la continuidad operativa y la eficiencia en los procesos industriales.

Figura 23

Software de monitoreo Industrial HiVision

The screenshot displays the Industrial HiVision software interface. The top menu bar includes options like 'Archivo', 'Editar', 'Vista', 'Configuración', 'Herramientas', and 'Ayuda'. Below the menu, there are navigation buttons such as 'Atrás', 'Adelante', 'Arriba', 'deslogar', 'Vista Raíz', 'Deshacer', 'Buscar', 'Modo de Edición', 'Propiedades', 'WWW', 'Escaneo de red', 'Búsqueda HIDL...', and 'Preferencias'. The main area shows a network topology diagram with various devices connected. A red banner at the top indicates an event: '2024-10-26 14:48:19 Servicio Industrial HiVision Fallo en la Acción Alarma'. Below the diagram, there is a search bar and a progress indicator showing '88%'. At the bottom, there is a table of events.

ID	Rec.	Tipo	Categoría	Tiempo	Usuario	Origen	Componente	Mensaje
2326...		Recuperación		2024-10-26 14:48:19	ETUTA00...	Dominio	Dominio	Mejora del estado: Aviso
2326...		Alarma		2024-10-26 14:48:19	ETUTA00...	Servicio Industrial HiVision		Fallo en la Acción Alarma
2326...		Recuperación		2024-10-26 14:48:19	ETUTA00...	Proyecto	Proyecto	Mejora del estado: Aviso (Aviso: CPD/Puerto 2/Carga de entrada=20.0, Valor actual: 15.06Aviso (Seguridad): ...
2326...		Recuperación		2024-10-26 14:48:19	ETUTA00...	Nuevos Dispositivos	Nuevos Dispositivos	Mejora del estado: Aviso (Aviso: CPD/Puerto 2/Carga de entrada=20.0, Valor actual: 15.06Aviso (Seguridad): ...

Nota. Software de monitoreo de infraestructura de red industrial. [Captura de pantalla], 2024

Cuando alguno de los equipos de la marca Hirschmann sufre alguna desconexión o alguna falla, el programa es capaz de detectar esos errores e inmediatamente cambia de color en la interfaz gráfica como se presenta en la figura 24.

Figura 24

Software HiVision mostrando falla de dispositivos

The screenshot displays the Hirschmann Industrial HiVision software interface. The main window shows a network topology diagram with various devices connected to a central CPU. The devices are color-coded: green for online and red for offline. The bottom panel shows a list of events with columns for ID, Rec., Tipo, Categoría, Tiempo, Usuario, Origen, Componente, and Mensaje. The events list includes several entries related to network scans and ping tests, with some indicating errors or detected issues.

ID	Rec.	Tipo	Categoría	Tiempo	Usuario	Origen	Componente	Mensaje
2378...		Evento "Estoy vivo"		2024-11-05 16:30:41	ETUTAO0...	Servicio Industrial HiVision		Industrial HiVision lleva corriendo desde 2024-10-05 19:31:35. Proyecto: Proyecto, Estado: Error, Motivo: CABINA TREN 2[Protocolos/Protocolo Ping/Detectado=NoE...
2378...		Información de la a...		2024-11-05 16:30:11	ETUTAO0...	Servicio Ping de Indust...		Industrial HiVision lleva corriendo desde 2024-10-05 19:31:35. Proyecto: Proyecto, Estado: Error, Motivo: CABINA TREN 2[Protocolos/Protocolo Ping/Detectado=NoE...
2378...		Evento "Estoy vivo"		2024-11-05 16:29:41	ETUTAO0...	Servicio Industrial HiVision		Industrial HiVision iniciado _57100099...
2378...		Información de la a...		2024-11-05 16:29:03	_57100099...	Industrial HiVision		Finalizado Scan de red
2378...		Intervención de Us...		2024-11-05 16:29:01	ETUTAO0...	Servicio Industrial HiVision		Industrial HiVision Login, Usuario: _5710009964 / Nombre del equipo: ETUTAO051 gma local
2378...		Evento "Estoy vivo"		2024-11-05 16:28:41	ETUTAO0...	Servicio Industrial HiVision		Industrial HiVision lleva corriendo desde 2024-10-05 19:31:35. Proyecto: Proyecto, Estado: Error, Motivo: CABINA TREN 2[Protocolos/Protocolo Ping/Detectado=NoE...
2378...		Información de la a...		2024-11-05 16:28:11	ETUTAO0...	Servicio Ping de Indust...		Industrial HiVision lleva corriendo desde 2024-10-05 19:31:35. Proyecto: Proyecto, Estado: Error, Motivo: CABINA TREN 2[Protocolos/Protocolo Ping/Detectado=NoE...
2378...		Evento "Estoy vivo"		2024-11-05 16:27:41	ETUTAO0...	Servicio Industrial HiVision		Finalizado Scan de red
2378...		Información de la a...		2024-11-05 16:27:02	ETUTAO0...	Servicio Ping de Indust...		Industrial HiVision lleva corriendo desde 2024-10-05 19:31:35. Proyecto: Proyecto, Estado: Error, Motivo: CABINA TREN 2[Protocolos/Protocolo Ping/Detectado=NoE...
2378...		Evento "Estoy vivo"		2024-11-05 16:26:41	ETUTAO0...	Servicio Industrial HiVision		Finalizado Scan de red

Nota. Software de monitoreo de infraestructura de red industrial informando de 3 switch que no responden en la red. [Captura de pantalla], 2024.

En el switch Hirschmann BRS40, el menú de diagnósticos incluye una sección de auditoría que, como se muestra en la figura 25, brinda un resumen completo del estado del dispositivo. Esta área permite ver el tiempo total de funcionamiento, la fecha del último reinicio y la versión del firmware actual. También muestra el estado de las fuentes de alimentación y un log de eventos detallado, facilitando la identificación de anomalías o cambios relevantes en el rendimiento. Esta función es esencial para el monitoreo y mantenimiento preventivo del switch, asegurando un control preciso de su operación en la red.

Figura 25

Log de eventos Hirschmann BRS40

The screenshot shows the 'Registro del sistema' (System Log) interface for a Hirschmann BRS40 device. The interface is divided into a sidebar on the left and a main content area on the right. The sidebar contains various system configuration and monitoring options. The main content area displays a detailed log of system events, including hardware information, system status, and user login attempts. The log entries are timestamped and include details such as IP addresses, user names, and system components.

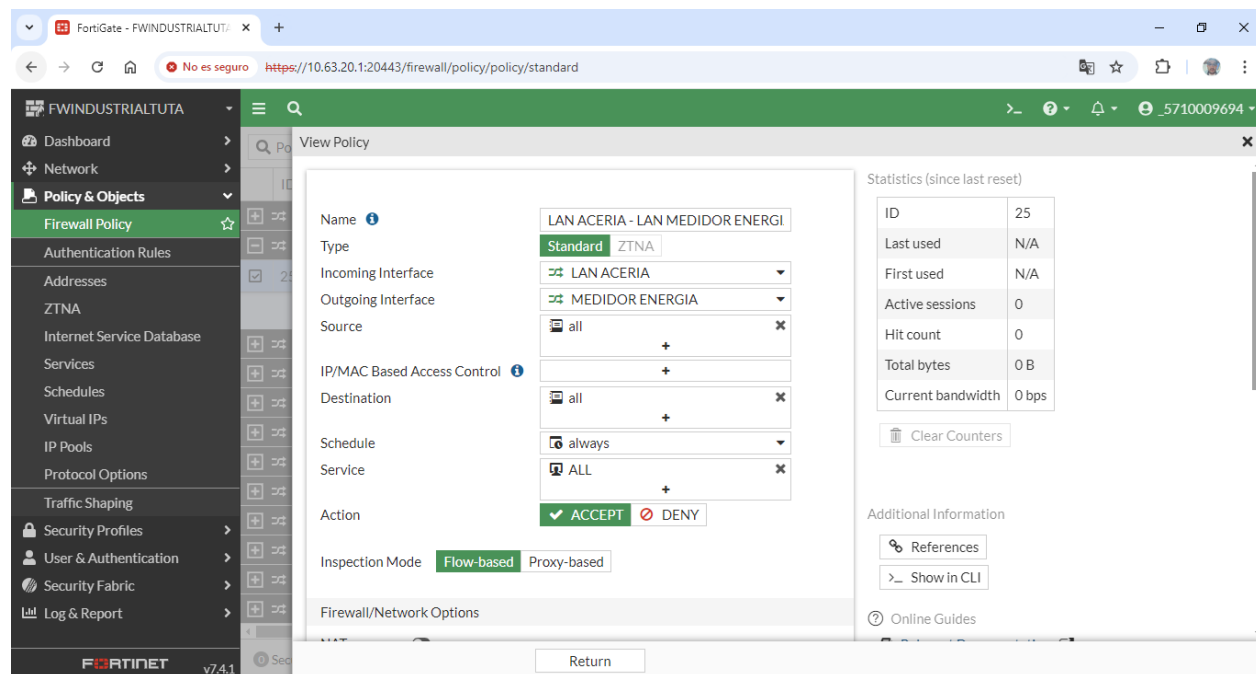
Producto	BRS40-80120000-71C299H0EA
Línea	HDS-2A-02.1.02
Versión de hardware	2000
Número de serie	94217099157102527
Versión del software del firmware (BIOS)	HDS30A-0901.0.02.2023.11.29.07.16
Versión de software de firmware (FLASH)	HDS-09.1.02.2023.11.29.07.16
Versión de software del código de arranque (FLASH) BIOS	HDS30A-0901.0.02.2023.11.29.07.16
Versión de software del código de arranque (FLASH) BIOS	HDS30A-0901.0.02.2023.11.29.07.16
Estado del firmware en ejecución	Firmado
Control de IP	10.63.92.24
Dirección local de enlace IPv6	fe80::200:200:fe00::c0d0
MAC (plano 32)	A0 B0 86 C1 C6 CD
Nombre del sistema	SUBESTACION 115KVA
Tiempo de actividad del sistema	2 días 1 hora 2 minutos 47 segundos
Notificación por correo	5 de noviembre de 2024 09:36:16
Horas de funcionamiento del sistema	230 días 16 horas 35 minutos 21 segundos
PowerD	PRESENTE
PowerC	EFFECTIVO
Temperatura actual	50 °C
Estado de configuración (calculándose en NVM)	SE ACCESADO
Estado de ACU (enemUSE)	No presente
Estado de administrador del shell de servicio	activado

The log entries include:

- 327: Aviso 3 nov 2024 13:28:12 [E0001400C] Inicio de sesión HTTPS() a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', desde '10.63.49.117'.
- 328: Aviso 3 nov 2024 17:20:17 [E0001400C] La diferencia horaria del sistema cambió de 0 a 0. La hora actual es 2024-11-03 18:20:17.
- 329: Información 3 nov 2024 17:20:12 [E00079000] La infraestructura de firmware firmada se instaló correctamente.
- 330: Aviso 3 nov 2024 17:20:17 [E0001300C] Firmware seleccionado HDS-09.1.02 build 2023-11-29 07:16.
- 331: Aviso 3 nov 2024 17:20:17 [E00003000] Sistema iniciado.
- 332: Emergencia 3 nov 2024 18:22:54 [E00010000] La energía del sistema está fallando.
- 333: Aviso 26 oct 2024 20:37:56 [E0001400C] HTTPS() Cierre de sesión a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', de '10.63.49.117'.
- 334: Error 26 oct 2024 20:29:18 [E0001400C] Error de autenticación HTTPS() para el usuario 'admin'.
- 335: Aviso 26 oct 2024 20:18:22 [E0001400C] Cierre de sesión HTTPS() a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', de '10.63.49.117'.
- 336: Aviso 26 oct 2024 20:09:10 [E0001400C] HTTPS() Inicio de sesión a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', desde '10.63.49.117'.
- 337: Aviso 26 oct 2024 19:47:11 [E0001400C] HTTPS() Cierre de sesión a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', desde '10.63.49.117'.
- 338: Aviso 26 oct 2024 19:34:33 [E0001400C] HTTPS() Inicio de sesión a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', desde '10.63.49.117'.
- 339: Aviso 26 oct 2024 19:33:43 [E0001400C] HTTPS() Cierre de sesión a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', de '10.63.49.117'.
- 340: Aviso 26 oct 2024 19:08:39 [E00000000] Copiar configuración runningConfig No resultó en éxito
- 341: Aviso 26 oct 2024 19:08:17 [E00000000] SWP establecido por el administrador: hspNucleonDestinatada.a
- 342: Aviso 26 oct 2024 19:08:17 [E00000000] SWP establecido por el administrador: hspNucleonDestinatada.a
- 343: Aviso 26 oct 2024 19:08:16 [E00000000] SWP establecido por admin: isen001gridsipdevinstatidm.w.1.92 - Management
- 344: Aviso 26 oct 2024 19:08:16 [E0001400C] HTTPS() Inicio de sesión a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', de '10.63.49.117'.
- 345: Aviso 26 oct 2024 19:04:39 [E0001400C] HTTPS() Cierre de sesión a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', de '10.63.49.117'.
- 346: Aviso 26 oct 2024 19:04:11 [E0001400C] HTTPS() Inicio de sesión a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', de '10.63.49.117'.
- 347: Aviso 23 sep 2024 20:15:01 [E0001400C] HTTPS() Cierre de sesión a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', de '10.63.49.117'.
- 348: Aviso 23 sep 2024 19:39:02 [E0001400C] HTTPS() Inicio de sesión a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', desde '10.63.49.117'.
- 349: Aviso 23 sep 2024 19:39:02 [E0001400C] HTTPS() Cierre de sesión a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', de '10.63.49.117'.
- 350: Aviso 23 sep 2024 19:39:02 [E0001400C] HTTPS() Inicio de sesión a través de la interfaz web exitoso para el usuario 'admin', rol 'Administrador', desde '10.63.49.117'.

Nota. Esta imagen muestra un log de eventos real dentro del switch Hirschmann. [Captura de pantalla], 2024.

Ahora es fundamental establecer reglas de seguridad y control de tráfico para la nueva VLAN 97, la cual está dedicada exclusivamente a los medidores de energía. Este proceso se lleva a cabo a través del firewall FortiGate 100F, que actúa como un punto de separación entre la red industrial y la red corporativa. Las configuraciones iniciales de las reglas se centran en gestionar la interacción del tráfico entre las VLAN de la red industrial, específicamente entre la VLAN ACERÍA y la VLAN MEDIDORES, así como entre la VLAN LAMINACIÓN y la VLAN MEDIDORES. Esta disposición es clave para garantizar que el tráfico se gestione de manera eficiente y segura, como se ilustra en la figura 26.

Figura 26*Configuración de políticas de restricción de tráfico entre VLANs*

Nota. Ejemplo de configuración de cada una de las reglas para la interacción de tráfico entre VLANs de la red industrial. [Captura de pantalla], 2024

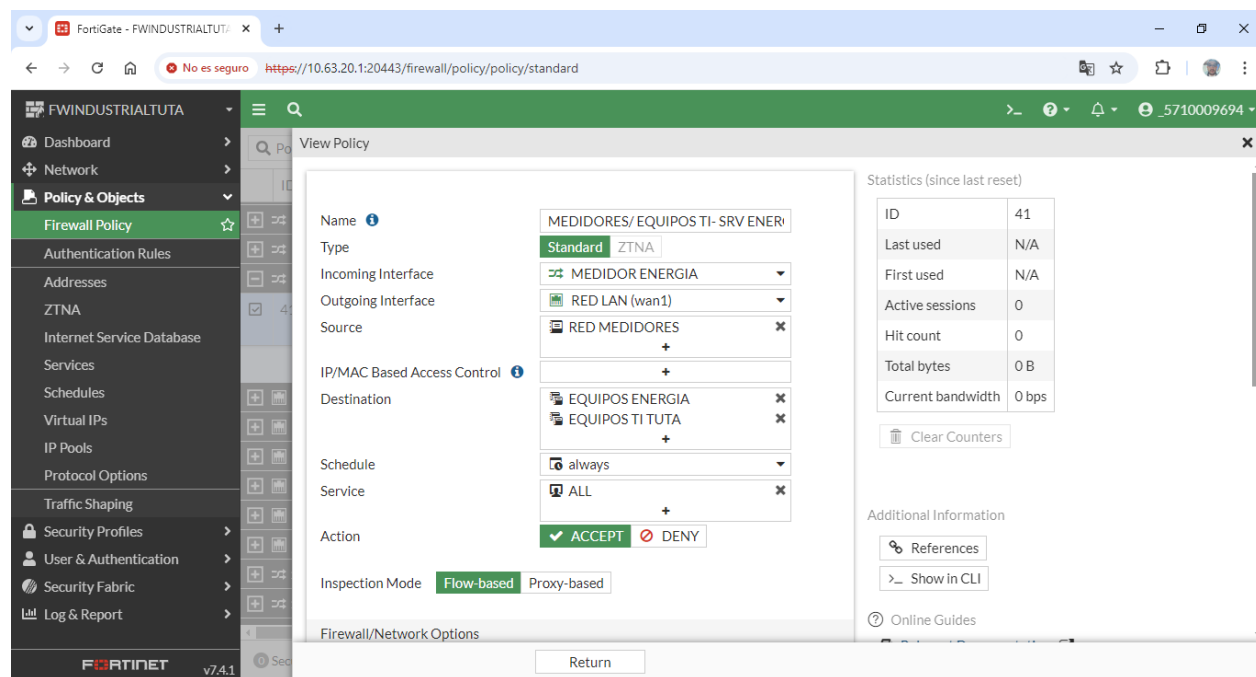
Adicionalmente, se configura una regla que establece la comunicación entre la RED LAN, correspondiente a la red corporativa, y la VLAN MEDIDORES. Todas estas reglas están diseñadas para operar en ambos sentidos, en modo full duplex, lo que permite una comunicación bidireccional fluida. Esta configuración es esencial para facilitar la interacción entre diferentes segmentos de la red y asegurar que el tráfico se controle adecuadamente, evitando así potenciales conflictos o vulnerabilidades.

Es importante destacar que en la RED LAN se encuentran instalados los servidores que alojan el software utilizado para la administración y gestión de los datos generados por los medidores de energía. Por lo tanto, las reglas establecidas permiten únicamente el paso del tráfico desde la VLAN MEDIDORES hacia las direcciones IP de los servidores y hacia los

equipos de los usuarios del área de soporte de Tecnología de la Información tal como se muestra en la figura 27. Esto garantiza que el acceso a los datos sensibles sea restringido y controlado, protegiendo la integridad de la información y los sistemas.

Figura 27

Configuración de política de seguridad Vlan medidores y red LAN



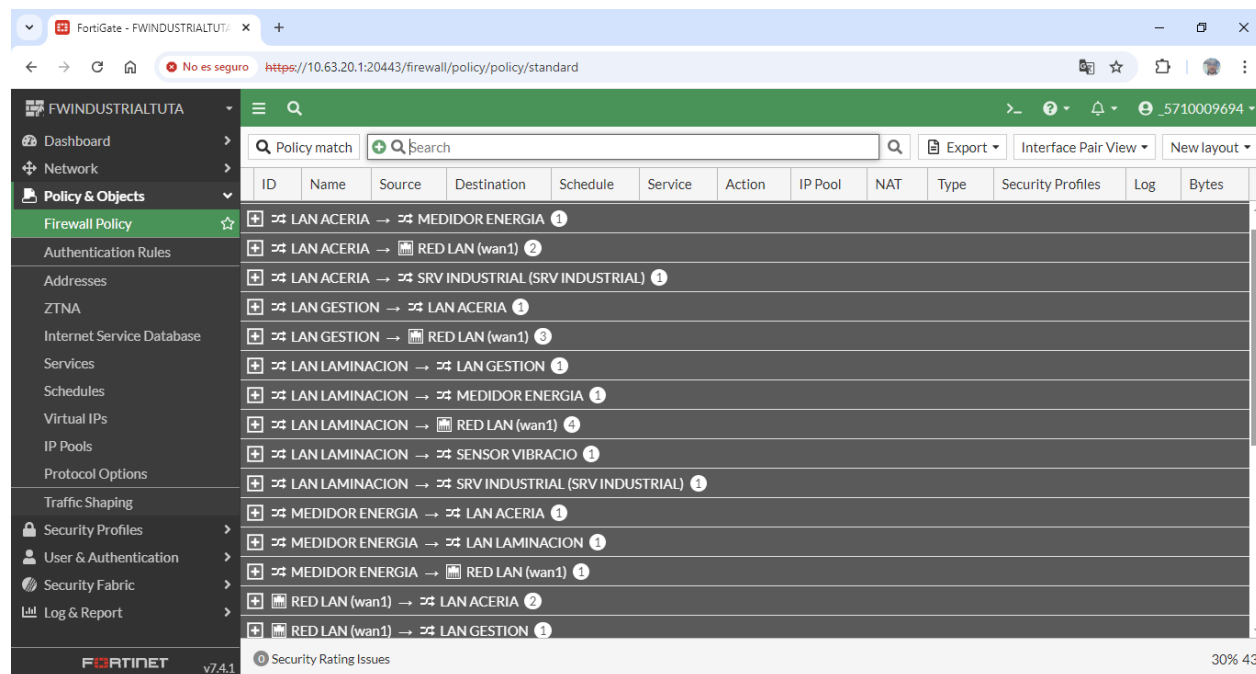
Nota. Configuración de regla de comunicación de VLAN MEDIDORES y RED LAN con restricción de acceso a equipos específicos. [Captura de pantalla], 2024

La implementación de estas reglas de seguridad no solo contribuye a la protección de los datos, sino que también optimiza la eficiencia de la red. Al permitir que solo el tráfico autorizado fluya entre las diferentes VLAN y la RED LAN, se minimizan los riesgos de ataques cibernéticos y se asegura un rendimiento óptimo del sistema.

La correcta configuración de estas reglas es esencial para mantener la continuidad y la seguridad operativa en la gestión de los medidores de energía, como se evidencia en la figura 28.

Figura 28

Página de configuración de políticas en firewall



Nota. Reglas configuradas en el firewall FortiGate 100F. [Captura de pantalla], 2024

Una vez establecidas las reglas de seguridad, resulta esencial llevar a cabo pruebas de comunicación entre los servidores y los medidores configurados en la VLAN exclusiva para la gestión de energía. Estas pruebas aseguran que los datos recopilados por los medidores lleguen de manera íntegra y sin interrupciones al software de administración de Siemens, permitiendo una gestión adecuada de la información energética; Este proceso es crucial, ya que cualquier pérdida de datos o fallo en la transmisión podría afectar la precisión en el monitoreo y control de consumo energético, comprometiendo la eficacia de las decisiones basadas en estos datos.

Para realizar estas verificaciones, se ejecutan pruebas básicas de ping y tracer, herramientas que permiten confirmar que exista conectividad estable entre los dispositivos. Como se muestra en la figura 29, los resultados de estas pruebas proporcionan una primera

validación de la correcta configuración de la red y de la funcionalidad de las reglas establecidas en el firewall FortiGate 100F.

Al observar una comunicación sin errores entre los servidores y los medidores, se confirma que la red puede manejar el tráfico de datos de manera efectiva, asegurando que el flujo de información esencial para la gestión energética se mantenga continuo y seguro.

Figura 29

Prueba de comunicación entre medidores de energía y servidores.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.
C:\Users\_5710009694>ipconfig /all

Configuración IP de Windows

Nombre de host. . . . . : ENETUTAP01
Sufijo DNS principal . . . . . : gma.local
Tipo de nodo. . . . . : híbrido
Enrutamiento IP habilitado. . . . : no
Proxy WINS habilitado . . . . . : no
Lista de búsqueda de sufijos DNS: gma.local

Adaptador de Ethernet Ethernet:

Sufijo DNS específico para la conexión. . :
Descripción . . . . . : Intel(R) Ethernet Connection (7) I21
9-LM
Dirección física. . . . . : 00-4E-01-B3-D4-53
DHCP habilitado . . . . . : no
Configuración automática habilitada . . . : sf
Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::caba:e4e3:1e38:4843%14(Preferido)
Dirección IPv4. . . . . : 10.63.52.70(Preferido)
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 10.63.52.15
IAID DHCPv6 . . . . . : 100683265
DUID de cliente DHCPv6. . . . . : 00-01-00-01-29-BB-87-13-00-4E-01-B3-
D4-53
Servidores DNS. . . . . : 10.63.10.5
10.66.30.5
NetBIOS sobre TCP/IP. . . . . : habilitado

C:\Users\_5710009694>

C:\Windows\system32\cmd.exe - ping 10.63.93.23 -t
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=1ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=1ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=1ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=1ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=1ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=2ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=2ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=1ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=2ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=2ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=1ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=1ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=2ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=2ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=1ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=2ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=1ms TTL=126
Respuesta desde 10.63.93.23: bytes=32 tiempo=1ms TTL=126

C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\_5710009694>tracert 10.63.97.23

Traza a 10.63.97.23 sobre caminos de 30 saltos como máximo.

 1 <1 ms <1 ms <1 ms 10.63.52.15
 2 <1 ms <1 ms <1 ms 10.63.20.1
 3 10.63.20.1 informes: Host de destino inaccesible.

Traza completa.

C:\Users\_5710009694>

```

Nota. Prueba de ping y traza entre el servidor ENETUTAP01 y uno de los medidores de energía desde VLAN diferentes según la configuración de las reglas del firewall. [Captura de pantalla], 2024

Dentro de las pruebas de comunicación con la red de la subestación 115KVA implementada, validar la capacidad de los enlaces es fundamental para asegurar un rendimiento óptimo. Para ello, se realizan pruebas de *throughput* o tasa de transferencia efectiva utilizando el aplicativo *iperf de uso libre*, el cual permite medir la velocidad y eficiencia del enlace entre dos

equipos configurados como extremos, denominados ETUTA0147 con dirección IP 10.63.97.200/24 y ENETUTAP01 con dirección IP 10.63.52.70. Mediante este proceso, se evalúa el ancho de banda real y se identifican posibles cuellos de botella que puedan afectar la transmisión de datos, garantizando así que la red soporte el tráfico necesario para el funcionamiento de sistemas críticos.

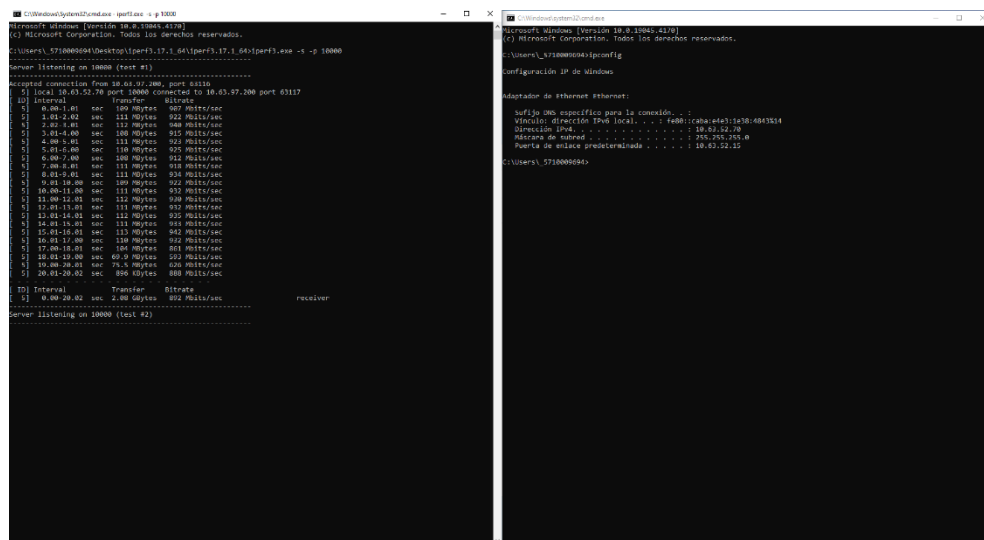
Una de las principales ventajas de utilizar *iperf* en estas pruebas es su capacidad para simular condiciones de carga de la red, lo que permite observar cómo responde el enlace bajo diferentes niveles de tráfico. Esto es crucial en entornos industriales donde la estabilidad y eficiencia de la red impactan directamente en los procesos productivos.

Es importante configurar uno de los equipos en modo servidor (ENETUTAP01), esperando a escuchar los datos recibidos, en este caso por el puerto 10000 como se observa en la figura 30; por otra parte, el segundo equipo se configura en modo cliente (ETUTA0147), indicando la dirección IP del servidor y el mismo puerto como se muestra en la figura 31, todo esto por medio de la consola de comandos o terminal.

Además, con la información obtenida, la cual se presenta en la figura 31, se pueden realizar ajustes preventivos y optimizar el rendimiento de los enlaces, mejorando la fiabilidad de la infraestructura de comunicación y asegurando que cumpla con los estándares requeridos para aplicaciones industriales.

Figura 30

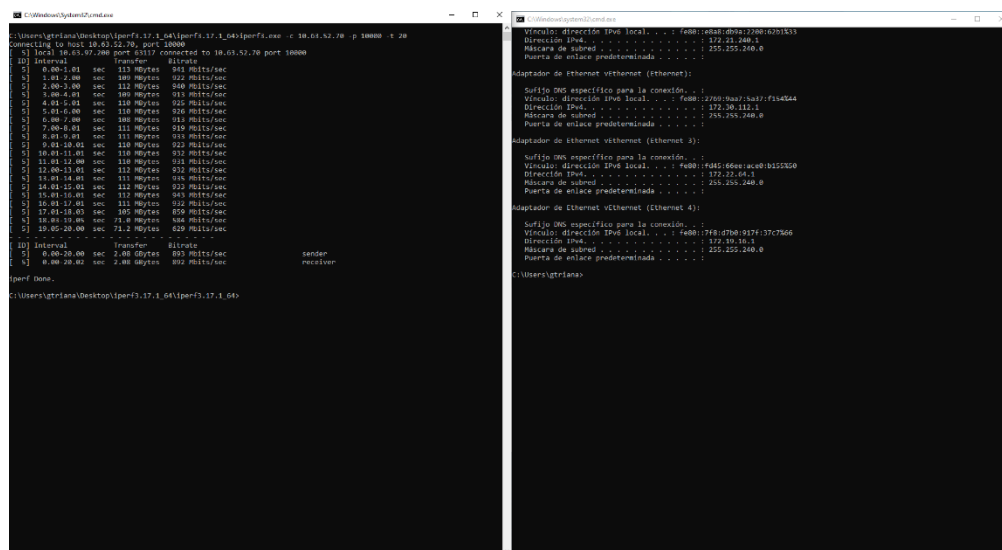
Equipo configurado en modo servidor con iperf



Nota. Esta imagen muestra el comando de modo escucha y luego los datos recibidos desde el cliente en la prueba de throughput. [Captura de pantalla], 2024

Figura 31

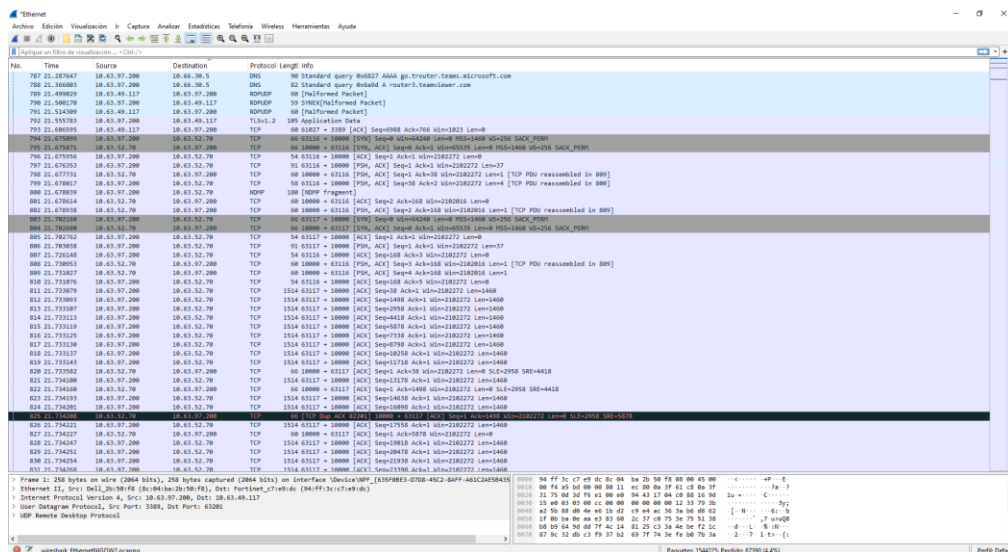
Equipo configurado en modo Cliente



Nota. Esta imagen muestra el comando de modo cliente enviando paquetes al servidor y en la parte inferior los resultados de la prueba. [Captura de pantalla], 2024

Figura 32

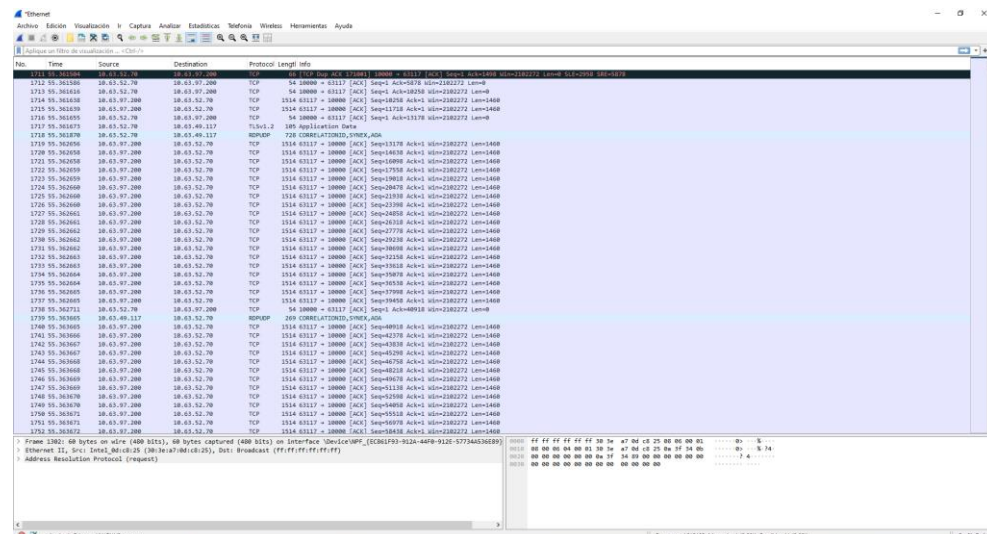
Análisis Wireshark etuta0147 10.63.97.200



Nota. Esta imagen muestra la captura de tráfico en el programa Wireshark desde el computador cliente u origen. [Captura de pantalla], 2024

Figura 33

Análisis Wireshark Enetutap01 10.63.52.70



Nota. Esta imagen muestra la captura de tráfico en el programa Wireshark desde el computador receptor o servidor. [Captura de pantalla], 2024

Una vez finalizada la instalación, al ejecutar el acceso directo ubicado en el escritorio del servidor, se despliega la interfaz de inicio de SIMATIC Energy Pro, como se muestra en la figura 34. Esta pantalla inicial está diseñada para proporcionar a los usuarios autorizados un acceso rápido y seguro al sistema. A través de un proceso de inicio de sesión que garantiza la protección de datos y el control de acceso, los usuarios pueden explorar todas las funcionalidades que ofrece el software. Estas incluyen herramientas avanzadas para el monitoreo, análisis detallado y generación de reportes energéticos personalizados, elementos clave para la gestión eficiente de los recursos energéticos en la planta.

La interfaz de inicio de SIMATIC Energy Pro está diseñada con un enfoque en la simplicidad y la funcionalidad, asegurando que los administradores puedan acceder rápidamente a datos críticos sin complicaciones. Los elementos visuales, como gráficos en tiempo real y paneles interactivos, permiten una comprensión inmediata de los patrones de consumo energético y facilitan la identificación de áreas donde se pueden implementar mejoras. Además, la organización intuitiva de las opciones y menús permite una navegación fluida, reduciendo el tiempo necesario para localizar y analizar información específica.

Gracias a estas características, los administradores pueden gestionar eficientemente los medidores de energía distribuidos en toda la planta, obteniendo una visión integral del consumo energético. Esto incluye la capacidad de supervisar tanto los niveles generales de consumo como el desempeño individual de los equipos conectados. La interfaz también ofrece la posibilidad de configurar alertas y notificaciones automáticas, lo que permite detectar anomalías o excesos de consumo en tiempo real y tomar medidas correctivas de manera inmediata.

Además, el sistema permite generar reportes detallados que pueden ser personalizados según las necesidades de la empresa. Estos reportes no solo proporcionan información histórica y

análisis de tendencias, sino que también sirven como una herramienta valiosa para la toma de decisiones estratégicas y para el cumplimiento de normativas de eficiencia energética. Al integrar estas funcionalidades, SIMATIC Energy Pro no solo mejora la gestión del consumo energético, sino que también contribuye a la sostenibilidad operativa y al cumplimiento de los objetivos corporativos en materia de eficiencia y responsabilidad ambiental.

Figura 34

Página de login a software SIMANTIC Energy Manager PRO



The screenshot shows the login interface for SIMATIC Energy Manager PRO. It includes the Siemens logo, a login form with fields for 'User' and 'Password', and a 'Login' button. At the bottom, there are options for 'Languages' (set to 'en'), 'Change Password', and 'Password Lost'.

Nota. En esta sección se digitan las credenciales para acceder al software y configurar los medidores para la captura de datos [Captura de pantalla], 2024

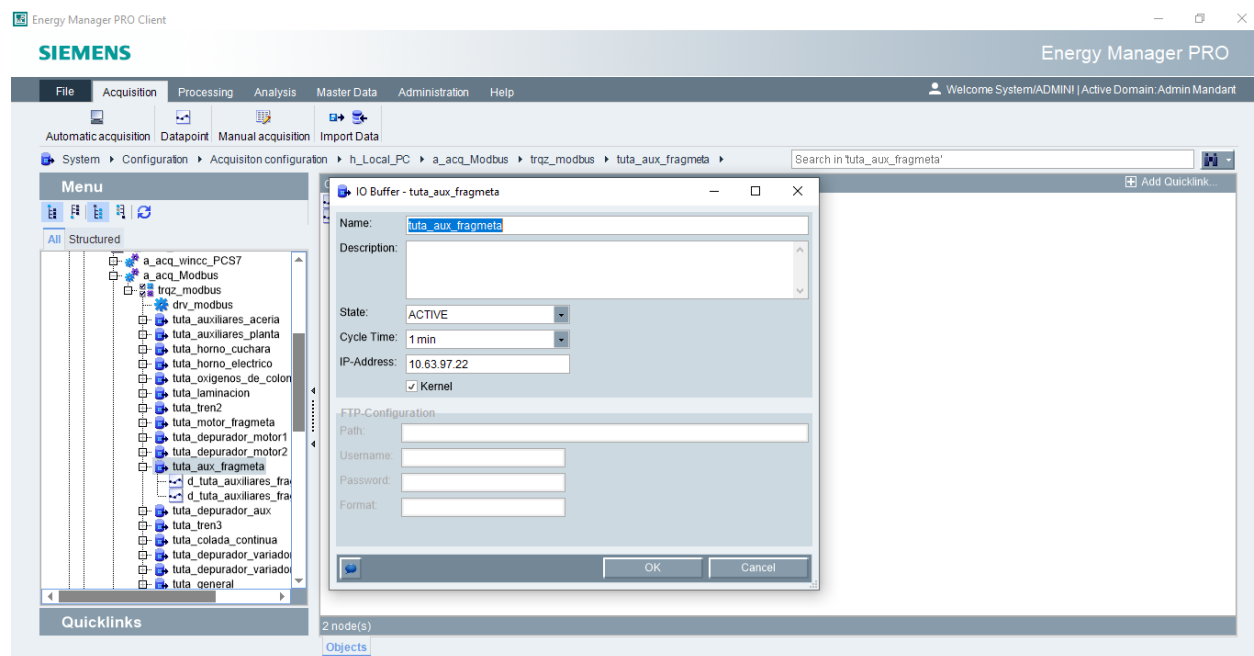
Ahora es necesario añadir los medidores de energía en SIMATIC Energy Manager PRO. Para ello, agrega los dispositivos correspondientes e ingresa los parámetros de comunicación, como la dirección IP, el protocolo y el puerto.

Se asigna cada medidor a una estructura de consumo para organizar los datos de manera eficiente y realiza una prueba de comunicación para asegurar una conexión adecuada.

Finalmente, guarda la configuración, y el medidor aparecerá en la interfaz principal, listo para el monitoreo y análisis en tiempo real, tal como se muestra en la figura 35.

Figura 35

Página de adición de medidores de energía en el software



Nota. Adición de medidores de energía en el software de análisis de datos y consumo, [Captura de pantalla], 2024

Los parámetros clave para el análisis de datos, como energía activa, energía reactiva, tensión y corriente, son configurados de acuerdo con las especificaciones técnicas colombianas, lo que asegura el cumplimiento de normativas locales y optimiza el desempeño del sistema de monitoreo. Esta configuración es llevada a cabo por los ingenieros electricistas de la planta, profesionales altamente capacitados y certificados específicamente para estas tareas. Su

entrenamiento especializado y profundo conocimiento en la gestión y manejo de energía eléctrica les permite establecer configuraciones precisas, adaptadas a las necesidades energéticas de la instalación. Además, su experiencia en estos ajustes no solo garantiza la precisión en el monitoreo del consumo energético, sino también la integridad y estabilidad del sistema en general. Estos ingenieros se encargan de calibrar los dispositivos para obtener datos fiables y continuos, facilitando el análisis detallado y el control del consumo.

De este modo, la planta puede tomar decisiones informadas que contribuyen a la eficiencia energética y al cumplimiento de estándares de calidad en la gestión de recursos.

La conexión de todos los medidores de energía al servidor Energy Manager PRO permite centralizar los datos de consumo en tiempo real, abriendo la puerta al análisis avanzado mediante técnicas de Big Data. Esto elimina la necesidad de lecturas manuales y del llenado de tablas por parte del operador electricista, lo que además minimiza los posibles errores humanos en la captura de datos. A través de este sistema automatizado, los gestores de energía pueden acceder de inmediato a información detallada y precisa sobre el consumo energético, optimizando la planificación y la toma de decisiones.

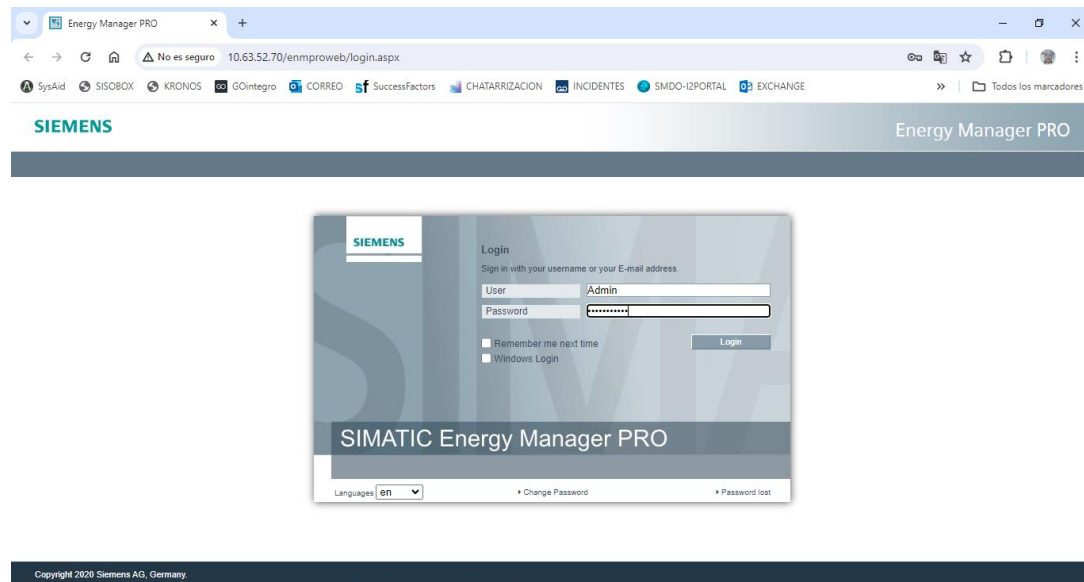
Con la centralización de los datos, es posible realizar análisis exhaustivos de los patrones de consumo en cada área de la planta, identificando oportunidades de ahorro y detectando posibles anomalías en tiempo real. Además, este sistema permite asignar costos específicos y gestionar los gastos energéticos de manera mucho más eficiente y transparente, facilitando la gestión de recursos y el cumplimiento de objetivos de sostenibilidad y reducción de costos en toda la operación. Después de configurar los parámetros necesarios para la lectura de los medidores de energía, se procede a establecer las interfaces de usuario, que incluyen paneles de

control (Dashboards) para el monitoreo de consumos, así como herramientas para el análisis de datos.

Además, se habilitan opciones para generar reportes exportables en formatos como PDF y Excel, facilitando así la visualización y el manejo de la información energética de manera eficiente y accesible. Dado que los usuarios finales no requieren acceso a la configuración del sistema, se les proporciona acceso a través de la interfaz web utilizando la dirección IP del servidor en la barra de direcciones del navegador. Esto permite que los usuarios se conecten desde cualquier equipo que esté en la red corporativa, facilitando el acceso a la información necesaria sin comprometer la configuración del sistema. La figura 36 ilustra este proceso, destacando la facilidad de acceso que se ofrece a los usuarios para consultar datos y reportes sin necesidad de realizar ajustes en la configuración.

Figura 36

Acceso a plataforma EnMPRO por medio Web para usuarios.



Nota. En esta sección se digitan las credenciales para acceder al software en modo Web [Captura de pantalla], 2024

Gracias a la capacidad avanzada del software implementado, los datos obtenidos en tiempo real se almacenan de manera sistemática, organizándose cuidadosamente en estadísticas detalladas que abarcan periodos diarios, mensuales y anuales. Esta estructura metódica proporciona al equipo de mantenimiento eléctrico una base sólida para llevar a cabo un análisis exhaustivo de la información recopilada. Al disponer de un panorama claro y ordenado del consumo energético, se facilita la identificación de patrones de uso recurrentes, así como la detección de irregularidades o picos inusuales en la demanda. Este nivel de detalle es fundamental para establecer estrategias específicas que permitan abordar de manera efectiva los puntos críticos de consumo, optimizando así el rendimiento de los recursos disponibles.

De esta manera, el personal encargado puede enfocar sus esfuerzos en las áreas que presentan mayores oportunidades de mejora, priorizando acciones que contribuyan a optimizar la eficiencia energética en toda la planta. Esta optimización no solo mejora el desempeño operativo, sino que también se traduce en una significativa reducción de costos, lo que resulta crucial para mantener la competitividad en un entorno industrial exigente. Además, el análisis de los datos almacenados permite anticiparse a posibles problemas y planificar el mantenimiento preventivo de manera más efectiva, asegurando la continuidad operativa y reduciendo el riesgo de interrupciones inesperadas.

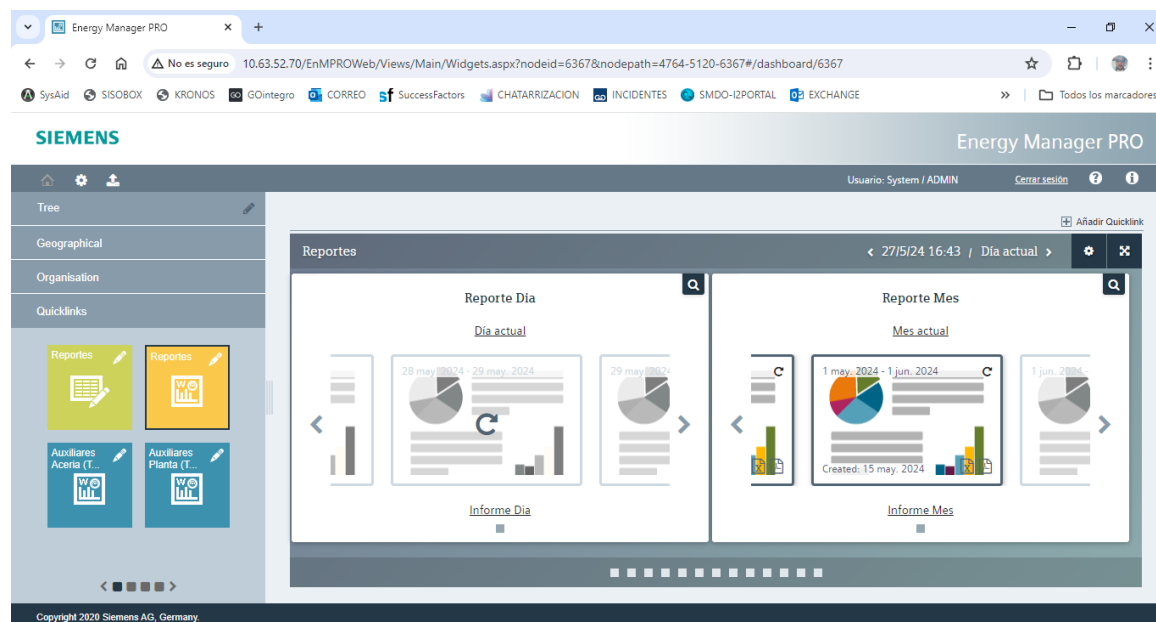
La presentación de la información se realiza a través de representaciones gráficas claras y accesibles, diseñadas específicamente para facilitar su interpretación y análisis por parte del equipo de mantenimiento. Como se ilustra en la figura 37, estas visualizaciones gráficas ofrecen una visión detallada de las tendencias de consumo energético, permitiendo al personal identificar de forma rápida y precisa cualquier comportamiento inusual que pudiera indicar problemas

subyacentes. Esta capacidad de detectar anomalías en el consumo es esencial para tomar decisiones informadas que mejoren el desempeño general de la planta.

Además, las herramientas analíticas integradas en el software no solo mejoran la capacidad de respuesta ante problemas energéticos, sino que también fomentan un enfoque proactivo en la gestión de los recursos. Al anticipar y abordar posibles inconvenientes antes de que se conviertan en problemas mayores, el equipo de mantenimiento contribuye a garantizar que la planta opere con un nivel óptimo de eficiencia y sostenibilidad. Estas iniciativas no solo benefician los resultados operativos a corto plazo, sino que también refuerzan el compromiso de la empresa con la gestión responsable de la energía, alineándose con las mejores prácticas y normativas del sector.

Figura 37

Pantalla de visualización de datos de consumo de energía



Nota. Visualización grafica en modo Web para la generación de reportes [Captura de pantalla],

2024

Para generar un reporte, los usuarios deben desplazarse con las flechas de derecha a izquierda sobre la opción correspondiente a día, mes o año, y luego presionar el botón de actualizar en el centro de la gráfica. Cuando el color de la gráfica cambia de gris a color, en la parte inferior derecha de la misma, se puede seleccionar la opción de descargar el informe en formato Excel o PDF. En la figura 38 se ilustra el proceso de generación de un informe correspondiente a septiembre de 2024 en formato PDF.

Figura 38

Reporte de consumo de energía seleccionando la opción mes.

PERIODO		FECHA DE EMISIÓN		TARIFA ENERGÍA ELÉCTRICA (kWh)	
1 al 30 de septiembre de 2024		16 de octubre de 2024			
CENTRO DE COSTOS	SAP	KWH	TARIFA	VALOR	%
Auxiliares Fragmentadora 13,2Kv	1000306001	38.850	-	-	0,21%
Cizalla	1000306001	42.797	-	-	0,25%
Motor Fragmentadora 13,8K v	1000306002	87.971	-	-	0,51%
Planta Procesadora Coproductos	1000306010	5.353	-	-	0,03%
SUBTOTAL FRAGMENTADORA		172.971	-	-	0,99%
Horno Eléctrico OBT	1000307004	7.798.747	-	-	44,79%
Horno Cuchara	1000307003	801.452	-	-	3,45%
Maquina colada continua	1000307002	138.627	-	-	0,80%
Depurador de Humos	1000307005	625.726	-	-	3,59%
Bombas de envío Primario	1000307001	117.653	-	-	0,68%
Auxiliares Aceria	1000307001	686.633	-	-	3,94%
SUBTOTAL ACERIA		9.968.839	-	-	57,25%
Tren dos	1000310011	957.368	-	-	5,50%
Bombas de Envío laminación	1000310011	299.570	-	-	1,72%
Tren tres	1000310012	615.194	-	-	3,53%
SUBTOTAL LAMINACIÓN		1.872.132	-	-	10,75%
Bodega Producto Terminado	Logística 1000310013	-	-	-	0,00%
Bodega Palangilla	1000205001	-	-	-	0,00%
Total Auxiliares Bodegas		-	-	-	0,00%
TOTAL CONSUMO EN PLANTA		12.013.942	-	-	69,00%
Planta Oxigenos de Colombia	Generales 190000000076	879.751	-	-	5,05%
Antena Comael	190000000076	-	-	-	0,00%
Auxiliares Planta	-	4.517.645	-	-	25,95%
TOTAL CONSUMO DEL MES		17.411.339	-	-	100,00%
TOTAL CONSUMO DEL MES ISAGEN		-	-	-	0,00%
DIFERENCIA		(17.411.339)			
DIFERENCIA %		#DIV/0!			

Nota. Reporte generado de consumo del mes de septiembre de 2024 [Captura de pantalla], 2024

El reporte generado se fundamenta en una plantilla predefinida que asigna automáticamente el centro de costo correspondiente a cada uno de los medidores configurados en el sistema. Esta funcionalidad permite desglosar el gasto energético de cada área de la planta, ofreciendo una visión clara y detallada de los costos que cada sección debe asumir.

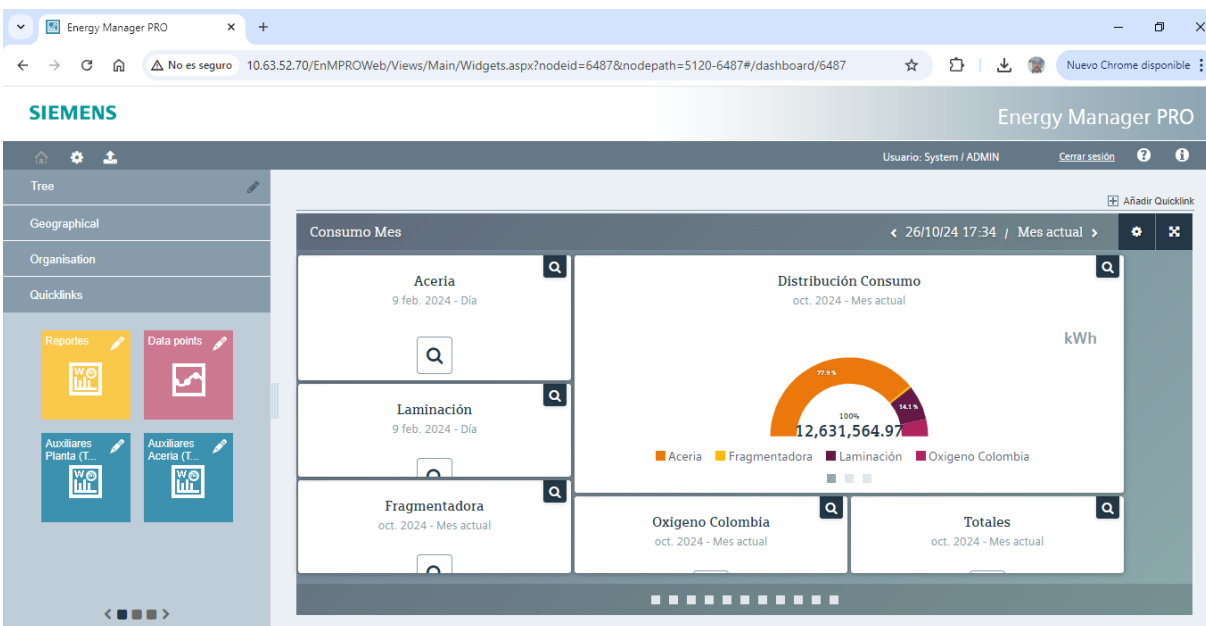
Al recopilar y organizar estos datos, el reporte no solo facilita la identificación de patrones de consumo, sino que también ayuda a la gestión eficiente de los recursos, permitiendo a los responsables evaluar el rendimiento energético de cada departamento.

Esta información es crucial para la toma de decisiones estratégicas relacionadas con la eficiencia energética y la optimización de costos, ya que permite priorizar áreas que requieren atención y ajustar las estrategias de consumo según las necesidades específicas de cada centro de costo. Así, el reporte se convierte en una herramienta valiosa para mejorar la sostenibilidad y la gestión financiera de la planta.

El programa en la interfaz web también ofrece la posibilidad de visualizar de manera gráfica los consumos de energía eléctrica en las diferentes áreas de la planta, lo que facilita el monitoreo y la comparación del rendimiento energético. Esta representación visual, como se muestra en la figura 39, permite a los usuarios identificar rápidamente las áreas con mayor consumo, lo que resulta esencial para la evaluación del uso de recursos y la implementación de medidas de optimización. Al proporcionar datos de consumo en un formato accesible y fácil de interpretar, la interfaz ayuda a los responsables de la gestión energética a tomar decisiones informadas que contribuyan a la eficiencia y sostenibilidad de la planta.

Figura 39

Reporte de consumo de energía mensual, con análisis gráfico.



Nota. Reporte grafico del consumo mensual de las diferentes áreas [Captura de pantalla], 2024

De este modo, se implementa una solución eficiente que facilita la realización de un análisis exhaustivo para la elaboración de planes de acción orientados a mejorar la eficiencia energética en cada una de las áreas de la compañía.

Esta estrategia no solo permite identificar oportunidades de ahorro, sino que también establece medidas concretas que se pueden aplicar para optimizar el uso de la energía. Al centrarse en la reducción de costos operativos, la empresa se posiciona para mejorar su rentabilidad y competitividad en el mercado.

Como efecto colateral de estas iniciativas, se produce una significativa reducción de la huella de carbono, lo que se traduce en un beneficio ambiental sustancial. Al adoptar prácticas más sostenibles y eficientes, la compañía no solo cumple con sus objetivos económicos, sino que también contribuye a la preservación del medio ambiente.

Esta dualidad de beneficios resalta la importancia de integrar la eficiencia energética en la estrategia empresarial, permitiendo a la organización avanzar hacia un futuro más responsable y sostenible.

Conclusiones

Tras cumplir cada uno de los requerimientos establecidos en el proyecto, se lograron resultados significativos en la infraestructura de red para la interconexión de medidores de energía en la planta Tuta de Diaco S.A. La red de comunicación se implementó de forma escalable y robusta, cumpliendo con los estándares de cableado estructurado, lo que permite la incorporación de futuros dispositivos sin afectar el rendimiento.

La elección adecuada de la fibra óptica y otros componentes de red es crucial para asegurar el rendimiento óptimo y la durabilidad del sistema. La metodología enfatiza la importancia de considerar factores como la capacidad de transmisión, la resistencia ambiental y los estándares de certificación al seleccionar estos elementos, contribuyendo así a una infraestructura robusta y fiable.

La configuración precisa de la red, que incluye el direccionamiento IP y la segmentación por VLAN, se realiza siguiendo los estándares internos de seguridad de la empresa. Esto garantiza no solo la integridad y confidencialidad de los datos de energía, sino también una comunicación efectiva entre los diferentes dispositivos de la red, minimizando riesgos y vulnerabilidades.

En el ámbito de seguridad y cumplimiento, se añadieron medidas avanzadas como autenticación y firewalls, que protegen la red contra amenazas externas, alineándose con las normativas locales e internacionales. La instalación de los medidores de energía permitió cumplir con los protocolos de comunicación estándar y establecer una base de monitoreo precisa.

La utilización de software propietario para el procesamiento de datos permite la automatización de análisis y la generación de informes en tiempo real. Esta funcionalidad facilita la toma de decisiones informadas sobre el consumo de energía, proporcionando una base sólida

para el desarrollo de estrategias de gestión que no solo buscan la reducción de costos, sino también el avance hacia una operación más sostenible y responsable con el medio ambiente. Adicionalmente, el software de gestión proporciona una visualización en tiempo real y facilita la generación de reportes de consumo, mejorando la eficiencia operativa.

La capacitación y el mantenimiento preventivo garantizan la sostenibilidad de la infraestructura y preparan al equipo de soporte para la resolución de incidentes. Finalmente, el análisis de costos justifica la inversión en función de ahorros energéticos y eficiencia a largo plazo. Así, el proyecto cumple con los objetivos propuestos, logrando una solución integral y sustentable para la gestión energética.

Recomendaciones

Se sugiere incrementar el número de medidores instalados en áreas clave de la planta que aún no cuentan con monitoreo directo. Esto permitirá un análisis más detallado del consumo energético en cada sección, identificando posibles ineficiencias y oportunidades de ahorro.

Es esencial implementar programas de formación periódica para los operadores y técnicos responsables de la red industrial y del software de gestión energética. Esto garantizará un uso adecuado de las herramientas y permitirá aprovechar al máximo sus funcionalidades.

Se recomienda establecer un plan de auditorías periódicas utilizando los datos generados por los medidores y el software SIMANTIC Energy Pro. Estas auditorías facilitarán la identificación de patrones de consumo anómalos y contribuirán a la planificación de estrategias de eficiencia energética.

Aprovechar la infraestructura de red y los datos recolectados para implementar herramientas de análisis predictivo. Esto permitirá anticipar fallos, optimizar procesos y tomar decisiones informadas que mejoren la sostenibilidad operativa.

Realizar un seguimiento continuo del rendimiento de la red NGN y actualizar los equipos de manera planificada, asegurando su compatibilidad con nuevas tecnologías y estándares internacionales.

Optimizar la seguridad y la eficiencia de la red mediante una segmentación más granular de las VLANs, especialmente en áreas sensibles o con tráfico crítico.

Implementar medidas avanzadas como la rotación periódica de contraseñas, la actualización de firmware de los dispositivos y la aplicación de controles de acceso estrictos. Esto protegerá la red industrial frente a posibles amenazas externas.

Investigar y probar nuevas tecnologías relacionadas con IoT, inteligencia artificial y sistemas de gestión de energía que puedan integrarse con la infraestructura existente para maximizar la eficiencia y la sostenibilidad.

Diseñar el sistema con una visión a futuro, asegurando su compatibilidad con tecnologías adicionales como la medición de gas y el monitoreo del caudal de agua. Este enfoque permite una integración gradual de nuevos sistemas sin requerir modificaciones significativas en la infraestructura existente. Al garantizar la interoperabilidad con diferentes tecnologías, se fomenta la creación de una plataforma centralizada para la gestión de recursos energéticos y ambientales. Esto no solo optimiza los procesos de monitoreo, sino que también abre oportunidades para implementar estrategias de sostenibilidad y eficiencia operativa a medida que las necesidades de la planta evolucionan. Además, se recomienda prever actualizaciones periódicas para mantener la compatibilidad con estándares emergentes y garantizar la flexibilidad necesaria para futuras expansiones.

Referencias Bibliográficas

- Araque González, G. A., Gómez Vásquez, M., Vélez Uribe, J. P., & Suárez Hernández, A. H. (2021). Big Data y las implicaciones en la cuarta revolución industrial - Retos, oportunidades y tendencias futuras. 33-47. <https://www.redalyc.org/journal/290/29066223003/>
- Carvalho, R., & Saraiva, F. (2019). SISM: Software e Medidor Inteligente para Acompanhamento do Consumo Residencial de Energia Elétrica. págs. 1-4. <https://sol.sbc.org.br/index.php/wcama/article/view/6431/6327>
- Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. Organización de los Estados Americanos. (2010). La Fibra Óptica. *INFO@CITEL(70)*. https://www.oas.org/es/citel/infocitel/2010/abril/ftth_e.asp#:~:text=La%20fibra%20%C3%B3ptica%20es%20una,40%20kms.%20de%20fibra%20%C3%B3ptica.
- Comisión Regulatoria de Telecomunicaciones - República de Colombia. (2007). En *Estudio Integral de Redes de Nueva Generación y Convergencia* (págs. 3-20). https://www.crcm.gov.co/system/files/Biblioteca%20Virtual/Estudio%20Integral%20de%20Redes%20de%20Nueva%20Generaci%C3%B3n%20y%20Convergencia/43-ngn-estudiointegral_da.pdf
- COMMSCOPE. (2023). *Fiber Indoor/Outdoor cable, LazrSPEED®, Low Smoke Zero Halogen Riser Distribution Cable, 6 fiber single-unit, Gel-free, Multimode OM4, Feet jacket marking, Black jacket color, Dca flame rating.* <https://electricosdelvalle.com/wp-content/uploads/2023/10/760039974-Product-specifications.pdf>

- Díaz Andrade, C. A., & Hernández, J. (2011). En *Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica – Estado del Arte*. Colciencias.
https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/article/view/1075/1096
- Equipo Editorial IONOS. (12 de agosto de 2022). *¿Qué es Ethernet (IEEE 802.3)?*
<https://www.ionos.com/es-us/digitalguide/servidores/know-how/ethernet-ieee-8023/>
- Fusté, A. E. (enero de 2018). *Las Redes de Nueva Generación*.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/26340/Las%20Redes%20de%20Nueva%20Generaci%C3%B3n.pdf>
- Gómez, V. A., Peña, R. A., & Hernández, C. (2012). Identificación y Localización de Fallas en Sistemas de Distribución con Medidores de Calidad del Servicio de Energía Eléctrica. *Información Tecnológica*, Vol 23(Nº 2), págs. 109-116.
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642012000200013&script=sci_arttext
- González , O., Pavas, A., & Sánchez, S. (2017). Cuantificación del ahorro de energía eléctrica en clientes residenciales mediante acciones de gestión de demanda.
<https://www.redalyc.org/journal/5537/553757146021/>
- HIRSCHMANN. (2024). *SFP Fiberoptic Gigabit Ethernet Transceiver MM with LC connector*.
https://catalog.belden.com/techdata/EN/M-SFP-SXLC_techdata.pdf
- Huiman Tocto, N. E. (2017). En *Diseño e implementación de una red de medidores de energía para artefactos domésticos*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/11748>
- IEC. (marzo de 2015). *IEC 60794-1-21 Optical fibre cables*.
<https://nobelcert.com/DataFiles/FreeUpload/IEC%2060794-1-21.pdf>

IEC. (octubre de 2017). *IEC TS 60479-2 Effects of current on human beings and livestock.*

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/22817/7ade42cb9e624711b37ee588e42cc44a/IEC-TS-60479-2-2017.pdf>

IEC. (febrero de 2021). *IEC 61784-3 Industrial communication networks.*

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/101632/b893f2529397443497036e6764a8ee6d/IEC-61784-3-2021.pdf>

Llanes Font, M., Salvador Hernández, Y., & Suárez Benítez, M. Á. (30 de enero de 2023). De

procesos del negocio a procesos inteligentes en la industria 4.0.

<https://www.redalyc.org/journal/1815/181574471003/>

Macêdo, G. P., & Duque, L. H. (2018). *MEDIDOR RESIDENCIAL INTELIGENTE DE ENERGIA*

ELÉTRICA. Brasilia, Brasil: Centro Univerisitario de Brasilia UniCEUB.

<https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/pic/article/download/5396/3778>

Martínez Elton, P. A. (17 de junio de 2024). *Estándar ANSI/TIA 568A Y 568B Cableado*

Estructurado. [https://sily.mx/blogs/base-de-conocimientos-noticias/estandar-ansi-tia-](https://sily.mx/blogs/base-de-conocimientos-noticias/estandar-ansi-tia-568a-y-568b-cableado-estructurado?srsltid=AfmBOormzrVncDQ11Q0yQg1c9WVGJ97uUAmkYkmbySbDyAkjZw_CU9ZwN)

[568a-y-568b-cableado-](https://sily.mx/blogs/base-de-conocimientos-noticias/estandar-ansi-tia-568a-y-568b-cableado-estructurado?srsltid=AfmBOormzrVncDQ11Q0yQg1c9WVGJ97uUAmkYkmbySbDyAkjZw_CU9ZwN)

[estructurado?srsltid=AfmBOormzrVncDQ11Q0yQg1c9WVGJ97uUAmkYkmbySbDyAkj](https://sily.mx/blogs/base-de-conocimientos-noticias/estandar-ansi-tia-568a-y-568b-cableado-estructurado?srsltid=AfmBOormzrVncDQ11Q0yQg1c9WVGJ97uUAmkYkmbySbDyAkjZw_CU9ZwN)

[Zw_CU9ZwN](https://sily.mx/blogs/base-de-conocimientos-noticias/estandar-ansi-tia-568a-y-568b-cableado-estructurado?srsltid=AfmBOormzrVncDQ11Q0yQg1c9WVGJ97uUAmkYkmbySbDyAkjZw_CU9ZwN)

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia MinTIC. (s.f.).

ABC de la Fibra Óptica. <https://mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-5342.html>

Mouser Electronics. (2024). *Hirschmann BRS40-8TX/4SFP*.

[https://co.mouser.com/ProductDetail/Hirschmann/BRS40-8TX-](https://co.mouser.com/ProductDetail/Hirschmann/BRS40-8TX-4SFP?qs=Imq1NPwxi76Lm4m1vQ4Gnw%3D%3D)

[4SFP?qs=Imq1NPwxi76Lm4m1vQ4Gnw%3D%3D](https://co.mouser.com/ProductDetail/Hirschmann/BRS40-8TX-4SFP?qs=Imq1NPwxi76Lm4m1vQ4Gnw%3D%3D)

- Normas ISO.org. (2023). *Norma ISO 11801 Estructura para el cableado de telecomunicaciones en edificios comerciales.* . <https://normasiso.org/norma-iso-11801/>
- Pineda, O., Espinel, S., & Ruiz, M. (2019). Diseño e Implementación de un Sistema de Gestión de Energía Enfocado en el Control de Equipos y Luminarias. *Revista Técnica de Energía*, 16(1), 62-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v16.n1.2019.336>
- Salerno, J., Castello, M., Bertinat, P., Airasca, G., & Oliva, R. (2020). Generación distribuida, diseño, integración e implementación de sistemas de medición. *IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON)*, 1-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/ARGENCON49523.2020.9505352>
- Schneider Electric. (2014). *PowerLogic PM800 series.* <https://www.farnell.com/datasheets/1996005.pdf>
- Segu-Info. (12 de junio de 2017). *Ciberseguridad en la Pirámide de Automatización Industrial.* https://blog.segu-info.com.ar/2017/06/ciberseguridad-en-la-piramide-de.html?utm_source=Segu.Info&utm_medium=twitter&utm_campaign=seguinfo
- SIEMENES. (Septiembre de 2010). *Multímetro SENTRON PAC4200.* https://cache.industry.siemens.com/dl/files/595/34261595/att_90272/v1/manual_sentrone_pac4200_03_es-MX.pdf
- Telecommunications Industry Association. (2005). Optical Fiber Cable Color Coding. En *TIA-598-C*. https://kupdf.net/download/tia-598-c_5a035fede2b6f55e1384048f_pdf
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (s.f.). *Redes de la próxima generación.* <https://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=es&year=2009&issue=03&ipage=24&ext=html>

Union Internacional de Telecomunicaciones. (2017). Características de las fibras y cables ópticos monomodo. En *IYU-T G.652*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-201611-I/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T. (2004). Visión general de las redes de próxima generación. En *serie y: infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo internet y redes de la próxima generación*. https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=s&id=T-REC-Y.2001-200412-I!!PDF-S&type=items


Apéndices

Apéndice A

Certificaciones de fibra óptica


Fecha de impresión : 17/06/2024 10:10 am

Archivo : sub est 115 a horno elec001-1550-16_03_2023_10_08_50 am.sor.pdf



ID Cable :
Origen : LOC A
ID Puesto : JobID

ID Fibra : sub est 115 a horno elec
1
Fin : LOC B
Técnico :






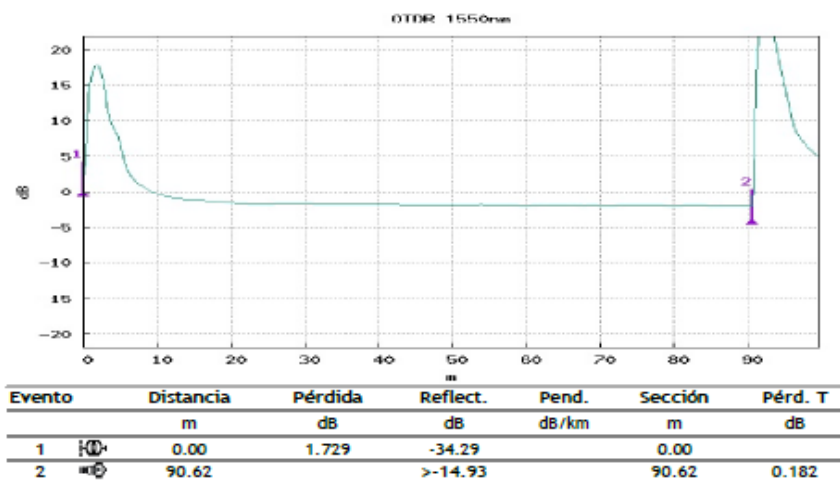
SmartOTDR (S/N 45964)

E138FA65 (S/N 45964)

Fecha : 16/03/2023 10:08 am

Config.							
OTDR SMART	1550nm	10ns	990m	16cm	20.0s	1.46800(G652 G657)	-81.0 dB
Alarmas							
Umbrales	USER						
Perdida conector (dB)	>0.50	Perd. Empalme (dB)	>0.30	Pend. (dB/Km)	>1.00		
Reflectancia (dB)	>-35	ORL (dB)	<32				
Resumen							
Nombre del archivo	Láser nm	Pérdida Total dB	ORL enlace dB	Final de Fibra m	Dirección	Pérd. promedio	Evento Alarmas
sub est 115 a horno elec001-1550-16_03_2023_10_08_50 am.sor	1550	0.182	52.99	90.62	LOC A -> LOC B	2.008	2



Fecha de impresión : 17/06/2024 10:11 am

Archivo : sub est 115 a horno elec002-1550-16_03_2023_10_11_18 am.sor.pdf

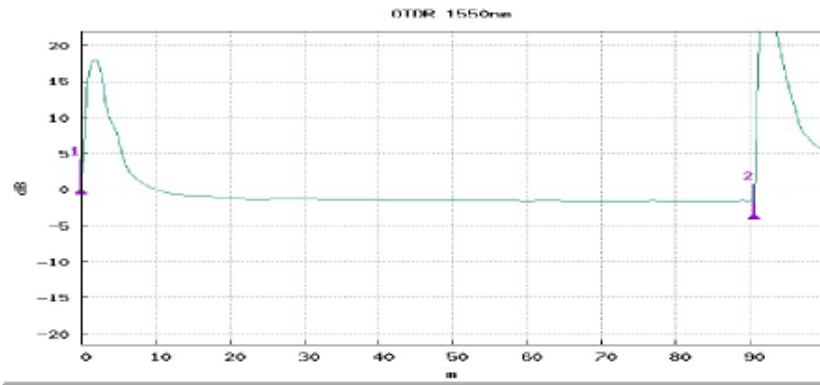


ID Cable :
 Origen : LOC A
 ID Puesto : JobID

ID Fibra : sub est 115 a horno elec
 2
 Fin : LOC B
 Técnico :



SmartOTDR (S/N 45964)	E138FA65 (S/N 45964)					Fecha : 16/03/2023 10:11 am		
Config.	1550nm	10ns	990m	16cm	20.0s	1.46800(G652 G657)	-81.0 dB	
OTDR SMART								
Alarmas								
Umbral	USER							
Perdida conector (dB)	>0.50	Perd. Empalme (dB)		>0.30		Pend. (dB/Km)	>1.00	
Reflectancia (dB)	>-35	ORL (dB)		<32				
Resumen								
Nombre del archivo	Láser nm	Pérdida Total dB	ORL enlace dB	Final de Fibra m	Dirección	Pérd. promedio	Evento Alarmas	
sub est 115 a horno elec002-1550-16_03_2023_10_11_18 am.sor	1550	0.210	53.03	90.62	LOC A -> LOC B	2.317	2 ✓	



Evento	Distancia	Pérdida	Reflect.	Pend.	Sección	Pérd. T
	m	dB	dB	dB/km	m	dB
1	0.00	1.345	-33.63		0.00	
2	90.62		>-15.58		90.62	0.210

Fecha de impresión : 17/06/2024 10:13 am

Archivo : sub est 115 a horno elec003-1550-16_03_2023_10_12_34 am.sor.pdf



ID Cable :
 Origen : LOC A
 ID Puesto : JobID

ID Fibra : sub est 115 a horno elec
 3
 Fin : LOC B
 Técnico :



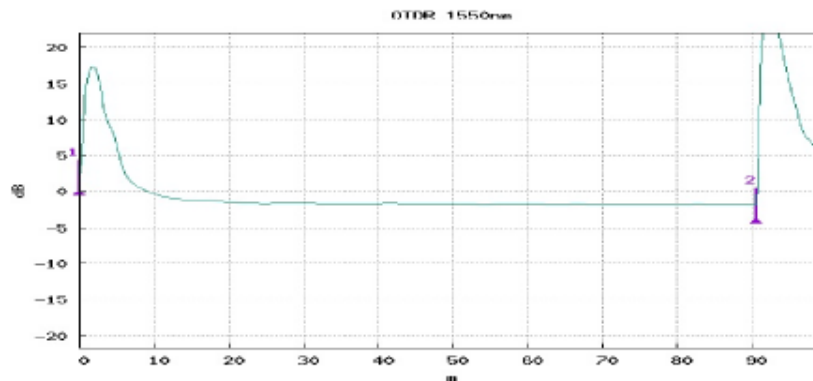
SmartOTDR (S/N 45964)	E138FA65 (S/N 45964)				Fecha : 16/03/2023 10:12 am		
Config.	1550nm	10ns	990m	16cm	20.0s	1.46800(G652 G657)	-81.0 dB
OTDR SMART							
Alarmas							
Umbral	USER						
Perdida conector (dB)	>0.50	Perd. Empalme (dB)		>0.30	Pend. (dB/Km)		>1.00
Reflectancia (dB)	>-35	ORL (dB)		<32			
Resumen							
Nombre del archivo	Láser nm	Pérdida Total dB	ORL enlace dB	Final de Fibra m	Dirección	Pérd. promedio	Evento Alarmas
sub est 115 a horno elec003-1550-16_03_2023_10_12_34 am.sor	1550	0.160	53.01	90.62	LOC A -> LOC B	1.766	2 ✓



0.00



90.62 m



Evento	Distancia	Pérdida	Reflect.	Pend.	Sección	Pérd. T
	m	dB	dB	dB/km	m	dB
1	0.00	1.615	-35.12		0.00	
2	90.62		>-15.16		90.62	0.160

Fecha de impresión : 17/06/2024 10:14 am

Archivo : sub est 115 a horno elec004-1550-16_03_2023_10_14_09 am.sor.pdf



ID Cable :
 Origen : LOC A
 ID Puesto : JobID

ID Fibra : sub est 115 a horno elec
 4
 Fin : LOC B
 Técnico :

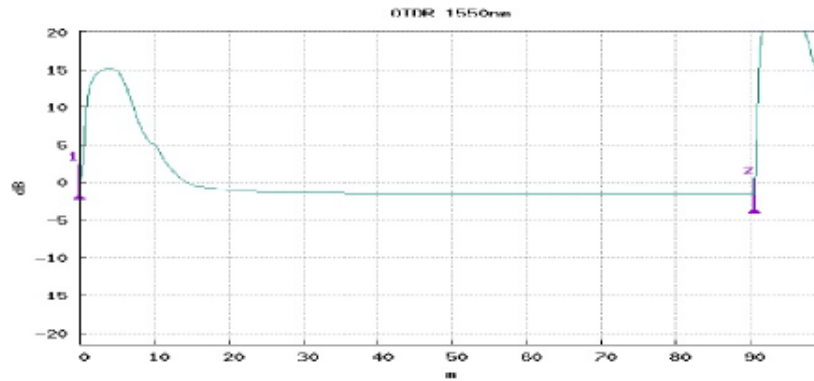


SmartOTDR (S/N 45964)	E138FA65 (S/N 45964)					Fecha : 16/03/2023 10:14 am	
Config.	1550nm	30ns	2km	32cm	20.0s	1.46800(G652 G657)	-81.0 dB
OTDR SMART							
Alarmas							
Umbrales	USER						
Perdida conector (dB)	>0.50	Perd. Empalme (dB)		>0.30	Pend. (dB/Km)		>1.00
Reflectancia (dB)	>-35	ORL (dB)		<32			
Resumen							
Nombre del archivo	Láser nm	Pérdida Total dB	ORL enlace dB	Final de Fibra m	Dirección	Pérd. promedio	Evento Alarmas
sub est 115 a horno elec004-1550-16_03_2023_10_14_09 am.sor	1550	0.140	53.41	90.62	LOC A -> LOC B	1.545	2



0.00

90.62 m



Evento	Distancia	Pérdida	Reflect.	Pend.	Sección	Pérd. T
	m	dB	dB	dB/km	m	dB
1	0.00	1.442	-34.89		0.00	
2	90.62		>-14.82		90.62	0.140

Fecha de impresión : 17/06/2024 10:16 am

Archivo : sub est 115 a horno elec005-1550-16_03_2023_10_15_24 am.sor.pdf

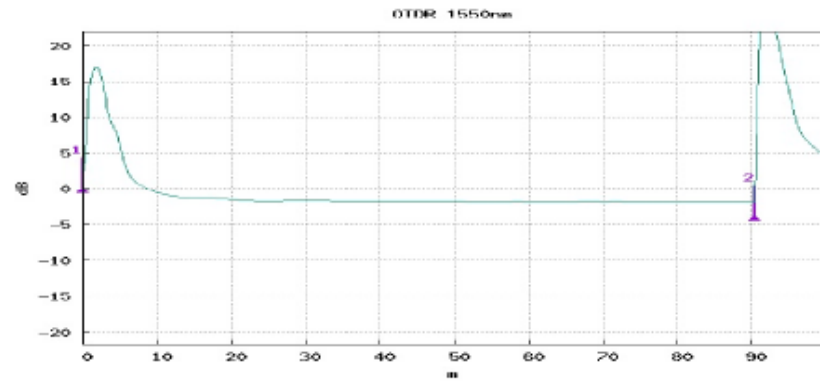


ID Cable :
 Origen : LOC A
 ID Puesto : JobID

ID Fibra : sub est 115 a horno elec
 5
 Fin : LOC B
 Técnico :



SmartOTDR (S/N 45964)	E138FA65 (S/N 45964)					Fecha : 16/03/2023 10:15 am		
Config.								
OTDR SMART	1550nm	10ns	990m	16cm	20.0s	1.46800(G652 G657)	-81.0 dB	
Alarmas								
Umbral	USER							
Perdida conector (dB)	>0.50	Perd. Empalme (dB)		>0.30		Pend. (dB/Km) >1.00		
Reflectancia (dB)	>-35	ORL (dB)		<32				
Resumen								
Nombre del archivo	Láser nm	Pérdida Total dB	ORL enlace dB	Final de Fibra m	Dirección	Pérd. promedio	Evento Alarmas	
sub est 115 a horno elec005-1550-16_03_2023_10_15_24 am.sor	1550	0.259	53.18	90.46	LOC A -> LOC B	2.863	2	



Evento	Distancia	Pérdida	Reflect.	Pend.	Sección	Pérd. T
	m	dB	dB	dB/km	m	dB
1	0.00	1.545	-35.87		0.00	
2	90.46		>-15.13		90.46	0.259

Fecha de impresión : 17/06/2024 10:17 am

Archivo : sub est 115 a horno elec006-1550-16_03_2023_10_16_55 am.sor.pdf

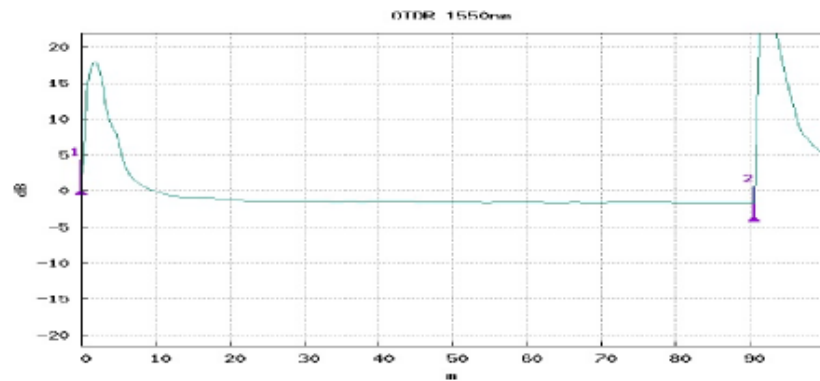


ID Cable :
 Origen : LOC A
 ID Puesto : JobID

ID Fibra : sub est 115 a horno elec
 6
 Fin : LOC B
 Técnico :



SmartOTDR (S/N 45964)	E138FA65 (S/N 45964)				Fecha : 16/03/2023 10:16 am		
Config.	1550nm	10ns	990m	16cm	20.0s	1.46800(G652 G657)	-81.0 dB
OTDR SMART							
Alarmas							
Umbral	USER						
Perdida conector (dB)	>0.50	Perd. Empalme (dB)		>0.30		Pend. (dB/Km)	
Reflectancia (dB)	>-35	ORL (dB)		<32		>1.00	
Resumen							
Nombre del archivo	Láser nm	Pérdida Total dB	ORL enlace dB	Final de Fibra m	Dirección	Pérd. promedio	Evento Alarmas
sub est 115 a horno elec006-1550-16_03_2023_10_16_55 am.sor	1550	0.310	53.39	90.62	LOC A -> LOC B	3.421	2 ✓



Evento	Distancia	Pérdida	Reflect.	Pend.	Sección	Pérd. T
	m	dB	dB	dB/km	m	dB
1	0.00	1.321	-34.16		0.00	
2	90.62		>-15.39		90.62	0.310