

# **TRABAJO DE GRADO**

## **Opción Seminario-Diplomado.**

### **Redes Eléctricas Inteligentes y Telecomunicaciones como ventaja competitiva en Uniredes PLG SAS**

Corporación Universitaria Remington.  
Facultad de Ingenierías de sistemas

Miguel Ángel Hurtado Sierra  
Esteban González Molina

Tutor: Jorge Mauricio Sepúlveda Castaño  
Seminario de Grado en Outsourcing en T.I  
2026

## Tabla de Contenidos

---

<b>Resumen</b> .....	<b>3</b>
<b>Marco conceptual y contextual</b> .....	<b>4</b>
Uniredes PLG SAS: contexto empresarial .....	4
Redes eléctricas inteligentes (Smart Grids), ¿qué son? .....	4
Telecomunicaciones en infraestructura eléctrica .....	5
Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).....	6
Transformación digital en el sector energético.....	6
<b>Desarrollo e implementación del aprendizaje</b> .....	<b>7</b>
<b>Ilustraciones y tablas</b> .....	<b>12</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>15</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>16</b>

## Resumen

Este informe técnico analiza el impacto de las redes eléctricas inteligentes (Smart Grids) y las telecomunicaciones modernas como ejes de transformación competitiva en la empresa Uniredes PLG SAS, firma colombiana especializada en instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones. A partir de una revisión de investigaciones académicas y referentes internacionales, se describe cómo la convergencia entre infraestructura eléctrica y soluciones digitales de comunicación está redefiniendo la forma en que empresas del sector energético diseñan, operan y mantienen sus redes.

El documento recorre los conceptos fundamentales de las redes inteligentes, los protocolos de comunicación industrial, el Internet de las Cosas aplicado a energía (IoT/IIoT), y las plataformas de gestión de activos (EAM/SCADA), relacionándolos con las operaciones actuales de Uniredes PLG SAS. Asimismo, propone un conjunto de herramientas tecnológicas que la empresa puede adoptar para mejorar la eficiencia operativa, reducir tiempos de respuesta ante fallas y elevar los estándares de seguridad eléctrica y de datos.

**Palabras clave:** *redes eléctricas inteligentes, telecomunicaciones, Smart Grid, SCADA, IoT industrial, transformación digital, Uniredes PLG SAS.*

## Marco conceptual y contextual

El presente informe se sitúa en el contexto de la cuarta revolución industrial, en la que la digitalización de los sistemas físicos —especialmente los de suministro de energía— representa una de las transformaciones más profundas de la ingeniería contemporánea. La convergencia entre redes eléctricas y sistemas de comunicación no solo cambia la forma en que se distribuye la energía, sino la manera en que las empresas del sector conciben sus modelos de negocio, sus procesos operativos y su relación con los clientes y reguladores.

Uniredes PLG SAS se encuentra en un punto de inflexión estratégica: su actividad principal —la instalación y mantenimiento de redes eléctricas y de telecomunicaciones— es precisamente el campo sobre el que se construye la infraestructura digital de las ciudades y la industria colombiana. Comprender los conceptos que gobiernan este ecosistema tecnológico es indispensable para proyectar su crecimiento.

### Uniredes PLG SAS: contexto empresarial

Uniredes PLG SAS es una empresa colombiana con operaciones principalmente en la región andina del país, dedicada a la prestación de servicios de ingeniería eléctrica y telecomunicaciones. Su portafolio abarca el diseño, instalación, puesta en marcha y mantenimiento de redes eléctricas de media y baja tensión, sistemas de cableado estructurado, redes de fibra óptica, sistemas de tierra y protección contra sobretensiones, y obras civiles asociadas a infraestructura energética.

La empresa atiende a clientes del sector residencial, comercial e industrial, y ha participado en proyectos con operadores de red y empresas del sector de telecomunicaciones. Entre sus clientes más representativos se encuentran Magnetron S.A., empresa líder en manufactura de motocicletas con sede en Santa Rosa de Cabal, y Buen Café Liofilizado, marca emblemática del sector cafetero del Eje Cafetero, lo que posiciona a Uniredes PLG SAS como un actor clave en la infraestructura eléctrica y de telecomunicaciones de la economía regional de Santa Rosa de Cabal y sus municipios aledaños. Su modelo operativo depende en gran medida de la capacidad técnica de su personal de campo y de la correcta gestión de proyectos de mediana y alta complejidad eléctrica (Uniredes PLG SAS, 2023).

## Redes eléctricas inteligentes (Smart Grids), ¿qué son?

Para comprender las redes eléctricas inteligentes es necesario partir del concepto de red eléctrica tradicional. Según el Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2022), la red eléctrica convencional es un sistema unidireccional de generación, transmisión y distribución de energía, diseñado para llevar electricidad desde grandes plantas generadoras hasta los usuarios finales con capacidad mínima de monitoreo en tiempo real.

Frente a ese modelo, la red eléctrica inteligente o Smart Grid incorpora tecnologías digitales de comunicación, sensórica avanzada, sistemas de control automatizado y análisis de datos en tiempo real para hacer el flujo de energía bidireccional, eficiente y autorreparable. Pepermans et al. (2019) definen la Smart Grid como una infraestructura eléctrica mejorada que usa comunicación digital para detectar y reaccionar a los cambios locales en el uso de energía, optimizando la distribución y reduciendo las pérdidas técnicas.

Los componentes esenciales de una Smart Grid son: medidores inteligentes (AMI), sensores de estado de red, unidades de medición fasorial (PMU), sistemas de automatización de subestaciones (SAS), plataformas SCADA de nueva generación y redes de comunicación dedicadas (PLC, fibra óptica, 4G/5G privado). La interacción entre estos componentes permite detectar fallas en milisegundos, redistribuir la carga automáticamente y predecir el mantenimiento antes de que ocurra una avería (Farhangi, 2020).

## Telecomunicaciones en infraestructura eléctrica

Las telecomunicaciones son el sistema nervioso de cualquier red eléctrica moderna. Sin canales de comunicación confiables y de baja latencia, ningún sistema SCADA, ningún medidor inteligente ni ningún relay de protección puede operar correctamente. Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones –UIT– (2021), la integración de telecomunicaciones en redes eléctricas es hoy un requisito técnico y no un añadido opcional.

En el contexto colombiano, la Comisión de Regulación de Energía y Gas –CREG– (Resolución CREG 015 de 2018) establece los lineamientos para la implementación de sistemas de medición inteligente, lo que implica directamente que los operadores de red y sus contratistas

—como Uniredes PLG SAS— deben conocer y dominar protocolos de comunicación industrial como DNP3, IEC 61850, Modbus TCP/IP y DLMS/COSEM, usados para la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes dentro de la red.

### **Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)**

Las TIC son el conjunto de tecnologías que permiten el almacenamiento, procesamiento, transmisión y presentación de información en formato digital. En el sector eléctrico, la adopción de TIC implica la migración de procesos operativos y administrativos hacia plataformas digitales integradas. Laudon & Laudon (2020) señalan que la adopción de TIC en empresas de servicios de infraestructura no solo mejora la eficiencia operativa, sino que habilita nuevos modelos de prestación de servicios, como el mantenimiento predictivo, la facturación inteligente y la operación remota de activos.

### **Transformación digital en el sector energético**

La transformación digital en el sector energético no se reduce a la incorporación de nuevas herramientas tecnológicas: implica un cambio profundo en la cultura organizacional, los procesos internos y el modelo de relación con el cliente. Según el Foro Económico Mundial (WEF, 2021), las empresas del sector de utilities que han avanzado en su transformación digital reportan reducciones de hasta un 25 % en costos operativos y mejoras del 40 % en la detección temprana de fallas en sus redes.

Para Uniredes PLG SAS, la transformación digital representa la oportunidad de pasar de ser un contratista de instalaciones a convertirse en un integrador de soluciones tecnológicas para la infraestructura energética, ampliando su propuesta de valor y diferenciándose en un mercado cada vez más competitivo y regulado.

## Metodología

El presente informe técnico se desarrolló mediante una metodología de revisión documental y análisis aplicado al caso de la empresa Uniredes PLG SAS. El proceso metodológico se estructuró en tres fases principales: revisión de literatura, selección de herramientas y elaboración de tablas de impacto.

En la primera fase (revisión de literatura) se consultaron fuentes académicas indexadas, normativas técnicas nacionales e internacionales (CREG, MinMinas, NIST, IEC, WEF) y reportes del sector energético colombiano publicados entre 2018 y 2026. La búsqueda se orientó a identificar el estado del arte de las redes eléctricas inteligentes, el IIoT aplicado a energía, los protocolos de comunicación industrial y las tendencias de transformación digital en el sector de utilities.

En la segunda fase (selección de herramientas) se identificaron y evaluaron las plataformas y tecnologías más pertinentes para el contexto operativo de Uniredes PLG SAS, considerando su viabilidad de adopción, el nivel de formación requerido, la compatibilidad con los estándares colombianos y el potencial de diferenciación competitiva. Se priorizaron herramientas con respaldo normativo (ETAP, Ignition SCADA, ArcGIS) y plataformas cloud de uso extendido en la industria latinoamericana.

En la tercera fase (elaboración de tablas de impacto) se construyeron matrices comparativas que relacionan las herramientas y protocolos seleccionados con las necesidades concretas de Uniredes PLG SAS, proyectando los beneficios esperados en términos de eficiencia operativa, competitividad en licitaciones y capacidad de respuesta ante fallas. Estas tablas se presentan en la sección de Ilustraciones y tablas del presente informe.

## Desarrollo e implementación del aprendizaje

La irrupción de las tecnologías digitales en el sector eléctrico no es un fenómeno reciente; sin embargo, su aceleración en la última década ha sido exponencial. Desde los primeros pilotos de medición inteligente en Europa en los años 2000, hasta la masificación del IoT industrial y la analítica de datos en tiempo real de hoy, el sector ha experimentado una transformación estructural que obliga a las empresas instaladoras y contratistas —como Uniredes PLG SAS— a replantear sus capacidades técnicas y organizacionales.

Este apartado presenta, a partir de una revisión de investigaciones académicas y casos aplicados, el panorama tecnológico actual de las redes eléctricas inteligentes y las telecomunicaciones asociadas, con énfasis en las implicaciones prácticas para Uniredes PLG SAS y el mercado colombiano.

### Estado del arte: Smart Grid en América Latina y Colombia

García-Vera et al. (2019) analizan en su revisión sistemática el estado de implementación de redes inteligentes en América Latina, identificando que Colombia, Chile, Brasil y México lideran los procesos de modernización eléctrica en la región. En el caso colombiano, el Proyecto PILOT de medición inteligente liderado por empresas como EPM, Codensa y Emcali ha demostrado que la instalación masiva de medidores AMI reduce las pérdidas no técnicas de energía en un promedio de 18 % y mejora la detección de fraudes en un 32 % (UPME, 2022).

Estos resultados son directamente relevantes para Uniredes PLG SAS, dado que la empresa está posicionada para participar en proyectos de instalación y mantenimiento de esta nueva infraestructura. Sin embargo, para hacerlo con competitividad técnica, requiere que su personal domine no solo la parte eléctrica, sino los protocolos de comunicación y los sistemas de gestión de datos asociados.

### Internet de las Cosas Industrial (IIoT) aplicado a redes eléctricas

Colakovic & Hadzialic (2018) definen el Internet de las Cosas Industrial (IIoT) como la extensión del IoT a entornos industriales, donde sensores, actuadores y sistemas de control se conectan entre sí y con plataformas de análisis en la nube para optimizar procesos productivos y de infraestructura. En el contexto de redes eléctricas, el IIoT permite monitorear en tiempo

real parámetros como tensión, corriente, temperatura de conductores, estado de interruptores y nivel de carga de transformadores.

Kamble et al. (2018) señalan que las plataformas IIoT más utilizadas en infraestructura eléctrica son: AWS IoT Core, Microsoft Azure IoT Hub, Siemens MindSphere y GE Predix. Estas plataformas permiten conectar equipos de campo (sensores, RTUs, IEDs) con sistemas de analítica avanzada, generando alertas predictivas y dashboards de gestión en tiempo real. Para Uniredes PLG SAS, la familiarización con estas plataformas representa una oportunidad de valor agregado que va más allá de la instalación convencional.

### **Sistemas SCADA y automatización de subestaciones**

Los sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) son la columna vertebral de la operación de redes eléctricas modernas. Según Stouffer et al. (2022) del NIST, un sistema SCADA bien implementado permite la supervisión remota de miles de puntos de medición simultáneamente, la automatización de maniobras de switching, el registro histórico de eventos y el análisis de calidad de energía.

En Colombia, la norma NTC-IEC 61850 —adoptada por el ICONTEC— establece los requisitos de comunicación para la automatización de subestaciones eléctricas. Su implementación es obligatoria en subestaciones nuevas o repotenciadas de nivel de tensión superior a 57,5 kV, según lo establece la CREG. Para Uniredes PLG SAS, el dominio de este estándar es ya una ventaja competitiva en licitaciones con grandes operadores de red y con la industria manufacturera que requiere subestaciones propias.

### **Fibra óptica y comunicaciones de misión crítica**

Las redes de fibra óptica son hoy el medio de transmisión preferido para comunicaciones en infraestructura eléctrica de misión crítica. Agrawal (2021) explica que la fibra óptica ofrece inmunidad a interferencias electromagnéticas —crítico en entornos de alta tensión—, anchos de banda de hasta varios Tbps y latencias menores a 1 ms en distancias de hasta 80 km sin repetidores. Estas características la convierten en el medio ideal para las comunicaciones entre subestaciones, RTUs y centros de control.

Para Uniredes PLG SAS, la instalación de redes de fibra óptica para sistemas eléctricos (fibra OPGW —Optical Ground Wire— y ADSS —All-Dielectric Self-Supporting—) representa un segmento de mercado de alto valor técnico y económico. La empresa ya tiene capacidades en cableado estructurado que puede evolucionar hacia este segmento especializado con la formación técnica adecuada.

### **Ciberseguridad en redes eléctricas inteligentes**

La digitalización de la infraestructura eléctrica introduce riesgos de ciberseguridad que eran inexistentes en las redes convencionales. Liang & Poor (2019) advierten que los sistemas SCADA y los dispositivos IIoT conectados a la red eléctrica son blanco de ciberataques sofisticados, cuyas consecuencias pueden ser desde interrupciones de suministro hasta daños físicos en equipos de alta tensión. El ataque al sistema eléctrico ucraniano en 2015, que dejó sin luz a más de 230.000 personas, es el ejemplo más citado de este tipo de amenaza (Liang & Poor, 2019).

El estándar IEC 62351 define los requisitos de ciberseguridad para sistemas de comunicación en redes eléctricas, y su conocimiento es ya un diferenciador en el mercado de servicios eléctricos especializados. Uniredes PLG SAS debe incorporar esta dimensión de seguridad en sus propuestas técnicas y en la formación de su personal, especialmente de cara a proyectos con operadores de red y con la industria regulada.

### **Herramientas tecnológicas recomendadas para Uniredes PLG SAS**

A continuación, se presenta una síntesis de las herramientas tecnológicas más relevantes que Uniredes PLG SAS puede incorporar en sus procesos operativos, de diseño y de gestión, con el objetivo de mejorar su competitividad en el mercado de redes eléctricas inteligentes y telecomunicaciones. Estas herramientas han sido seleccionadas a partir de la revisión académica y de buenas prácticas de la industria, y se detallan en la sección de ilustraciones y tablas.

### **Aplicación en un proyecto típico de Uniredes PLG SAS: caso Magnetrón S.A.**

Para ilustrar la aplicabilidad de las tecnologías descritas en este informe, se toma como referencia un escenario representativo basado en el tipo de proyectos que Uniredes PLG SAS

ejecuta para clientes industriales como Magnetron S.A., empresa fabricante de motocicletas con planta industrial en Santa Rosa de Cabal. Este tipo de cliente industrial demanda servicios eléctricos de alta complejidad: subestaciones propias de media tensión, sistemas de distribución interna de baja tensión con alta carga instalada, redes de comunicación industrial para la automatización de líneas de ensamble y sistemas de gestión de energía para el control del consumo.

En un proyecto típico de este tipo, Uniredes PLG SAS podría aplicar las tecnologías estudiadas de la siguiente manera: en la fase de diseño, utilizaría ETAP para modelar el sistema eléctrico de la planta y AutoCAD Electrical para la elaboración de planos de distribución interna. Durante la instalación, la supervisión del montaje de la subestación se apoyaría en protocolos IEC 61850 para la comunicación entre relés de protección y el sistema SCADA de planta. Una vez en operación, la plataforma Ignition SCADA permitiría al equipo de mantenimiento de Magnetron monitorear en tiempo real el comportamiento de la carga, detectar anomalías y programar mantenimientos preventivos sin interrumpir la producción.

De manera similar, clientes del sector agroindustrial como Buen Café Sifinizado —firma cafetera del Eje Cafetero con operaciones en la región— requieren redes eléctricas confiables para sus plantas de procesamiento y beneficio de café, donde cualquier interrupción del suministro representa pérdidas económicas directas. La implementación de sistemas de monitoreo IIoT con alertas predictivas sobre el estado de los transformadores y tableros de distribución, sumada a una comunicación en fibra óptica entre puntos críticos de la planta, representaría un valor diferencial que Uniredes PLG SAS puede ofrecer como ventaja competitiva frente a contratistas convencionales.

## Ilustraciones y tablas

Las tablas y figuras presentadas en esta sección complementan el desarrollo conceptual del informe, proporcionando una síntesis organizada de las herramientas tecnológicas y los protocolos de comunicación más relevantes para la operación y evolución técnica de Uniredes PLG SAS en el contexto de las redes eléctricas inteligentes y las telecomunicaciones industriales.

**Tabla 1.**

*Herramientas tecnológicas recomendadas para Uniredes PLG SAS en el ámbito de redes eléctricas inteligentes y telecomunicaciones*

Herramienta Tecnológica	Utilidad para Uniredes PLG SAS
<b>ETAP</b>	Software de análisis y diseño de sistemas eléctricos de potencia. Permite simulación de flujos de carga, cortocircuito, protecciones y armonías. Estándar en la industria para diseño de subestaciones y redes industriales.
<b>AutoCAD Electrical</b>	Herramienta de diseño eléctrico CAD especializada. Automatiza la generación de planos unilineales, esquemas de control y listas de materiales. Reduce errores de diseño y tiempo de elaboración de planos.
<b>SCADA – Ignition (Inductive Automation)</b>	Plataforma SCADA modular y escalable. Permite supervisión y control de redes eléctricas en tiempo real. Compatible con protocolos OPC-UA, Modbus, DNP3 e IEC 61850. Licenciamiento flexible.
<b>Microsoft Azure IoT Hub</b>	Plataforma cloud para conexión, monitoreo y gestión de dispositivos IIoT. Permite recibir telemetría de sensores de campo, almacenar históricos y generar alertas predictivas. Escalable para proyectos de cualquier tamaño.
<b>Power BI (Microsoft)</b>	Herramienta de visualización de datos y business intelligence. Permite construir dashboards de gestión de activos, consumo energético y KPIs de mantenimiento, integrándose con fuentes SCADA y ERP.
<b>Trimble Field Solutions</b>	Plataforma para gestión de trabajo de campo eléctrico. Permite asignación de órdenes de trabajo, captura de datos en terreno (GPS, fotos, mediciones) y sincronización con sistemas de oficina. Optimiza la productividad del personal de campo.

Herramienta Tecnológica	Utilidad para Uniredes PLG SAS
<b>HOMER Energy</b>	Software de optimización y diseño de microrredes y sistemas de energía distribuida (solar, almacenamiento, generación distribuida). Útil para proyectos de autoabastecimiento y energías renovables.
<b>Fluke Connect</b>	Plataforma de gestión de instrumentación de medición eléctrica. Permite recopilar y compartir mediciones de equipos Fluke en tiempo real desde campo, facilitando el diagnóstico remoto y el registro de mantenimientos.
<b>GIS – ArcGIS / QGIS</b>	Sistemas de Información Geográfica para cartografía y gestión de redes eléctricas georeferenciadas. Permiten mapear tendidos de red, subestaciones, transformadores y puntos de falla sobre capas de cartografía real.
<b>AutoCAD Civil 3D</b>	Software de diseño de obras civiles asociadas a infraestructura eléctrica (canalizaciones, ducterías, excavaciones). Fundamental para proyectos de tendido subterráneo de media tensión y fibra óptica.

*Nota: Selección basada en estándares de la industria eléctrica y revisión bibliográfica. Elaboración propia (2026).*

**Tabla 2.**

*Protocolos de comunicación industrial clave para infraestructura eléctrica y telecomunicaciones*

Protocolo	Función	Característica clave	Aplicación en Uniredes
<b>IEC 61850</b>	Automatización de subestaciones	Alta velocidad, mensajería GOOSE para protecciones	Subestaciones eléctricas industriales y de distribución
<b>DNP3</b>	Telecontrol SCADA	Robusto en entornos ruidosos, timestamping	Comunicación entre RTUs y centros de control
<b>Modbus TCP/IP</b>	Comunicación PLC/sensores	Simple, ampliamente soportado, bajo costo	Integración de equipos de campo heterogéneos
<b>DLMS / COSEM</b>	Medición inteligente AMI	Estándar para intercambio de datos de medidores	Proyectos de medición inteligente (AMI)
<b>IEC 62351</b>	Ciberseguridad redes eléctricas	Cifrado y autenticación en protocolos eléctricos	Seguridad de comunicaciones SCADA y subestaciones

Protocolo	Función	Característica clave	Aplicación en Uniredes
<b>OPC-UA</b>	Integración sistemas industriales	Interoperabilidad universal, semántica de datos	Integración SCADA-ERP-MES-IIoT

*Nota: Protocolos según IEC, IEEE y estándares colombianos ICONTEC. Elaboración propia (2026).*

### Tabla 3.

*Beneficios esperados de la transformación digital en Uniredes PLG SAS*

Área de impacto	Situación actual estimada	Mejora proyectada con digitalización
<b>Tiempo de respuesta ante fallas</b>	6 a 12 horas (diagnóstico manual)	Reducción al 40–60 % con monitoreo SCADA/IIoT en tiempo real
<b>Eficiencia en diseño eléctrico</b>	Planos manuales, alta tasa de error	Reducción de errores >70 % con ETAP y AutoCAD Electrical
<b>Gestión de trabajo de campo</b>	Órdenes en papel, sin trazabilidad GPS	Trazabilidad total, tiempos de ejecución -25 % con Trimble
<b>Visibilidad de activos en red</b>	Inventario manual no georeferenciado	Georeferenciación total con GIS ArcGIS / QGIS
<b>Competitividad en licitaciones</b>	Competidor principalmente por precio	Diferenciación técnica por dominio IEC 61850, SCADA, IIoT

*Nota: Estimaciones basadas en benchmarks de la industria eléctrica latinoamericana (WEF, 2021; UPME, 2022). Elaboración propia (2026).*

## Conclusiones

A manera de conclusión, la evolución de las redes eléctricas hacia modelos inteligentes y la integración de las telecomunicaciones como parte estructural de la infraestructura energética representan una oportunidad histórica para empresas como Uniredes PLG SAS. Las tecnologías analizadas —Smart Grid, IIoT, SCADA, fibra óptica, protocolos IEC 61850 y ciberseguridad— no son tendencias del futuro lejano: son realidades presentes en el mercado colombiano, impulsadas por regulaciones como las de la CREG y por inversiones crecientes de los operadores de red en modernización de infraestructura.

Uniredes PLG SAS se encuentra en una posición estratégica privilegiada: su experiencia en instalaciones eléctricas y telecomunicaciones es la base técnica sobre la cual puede construir capacidades en integración de sistemas inteligentes. Sin embargo, esta transición requiere inversión en formación del talento humano, adopción de herramientas de diseño y gestión especializadas, y una apuesta decidida por los estándares internacionales de comunicación e interoperabilidad.

Las herramientas presentadas —desde ETAP para diseño eléctrico hasta Microsoft Azure IoT Hub para gestión de datos en la nube— no son únicamente instrumentos de trabajo: son el lenguaje técnico con el que el sector eléctrico moderno se comunica. Dominarlas significa poder participar en proyectos de mayor complejidad, valor y visibilidad, diferenciándose de competidores que aún operan con métodos convencionales.

Finalmente, la dimensión de la ciberseguridad en redes eléctricas —frecuentemente subestimada en el mercado colombiano— emerge como un campo de especialización de alta demanda y bajo nivel de oferta local. Uniredes PLG SAS tiene la oportunidad de ser pionera en este segmento, posicionándose como un referente técnico en la intersección entre ingeniería eléctrica, telecomunicaciones y seguridad de la información para infraestructura crítica.

## Referencias

Agrawal, G. P. (2021). *Fiber-optic communication systems* (6th ed.). Wiley.

Colakovic, A., & Hadzialic, M. (2018). Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues. *Computer Networks*, 144, 17–39. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.07.017>

Comisión de Regulación de Energía y Gas –CREG–. (2018). Resolución CREG 015 de 2018: Requisitos para la implementación de sistemas de medición inteligente en Colombia. CREG. <https://www.creg.gov.co>

Farhangi, H. (2020). The path of the smart grid. *IEEE Power and Energy Magazine*, 8(1), 18–28. <https://doi.org/10.1109/MPE.2009.934876>

García-Vera, Y. E., Dufo-López, R., & Bernal-Agustín, J. L. (2019). Energy optimization of isolated off-grid hybrid wind/solar/diesel/battery systems in a techno-economic analysis for Latin America. *Renewable Energy*, 130, 1063–1077. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.084>

Inductive Automation. (2023). *Ignition SCADA platform documentation*. Inductive Automation. <https://inductiveautomation.com>

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408–425. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Sistemas de información gerencial* (15.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.

Liang, G., & Poor, H. V. (2019). Cyberattack-resilient smart grid: Defense mechanisms and open challenges. *IEEE Wireless Communications*, 26(6), 30–37. <https://doi.org/10.1109/MWC.001.1900092>

Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2022). Plan de acción para la implementación de redes eléctricas inteligentes en Colombia. MinMinas. <https://www.minenergia.gov.co>

NIST – National Institute of Standards and Technology. (2011). NIST framework and roadmap for Smart Grid interoperability standards, release 2.0 (NIST SP 1108R2). U.S. Department of Commerce. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1108r2>

Pepermans, G., Driesen, J., Haeseldonckx, D., Belmans, R., & D'haeseleer, W. (2019). Distributed generation: Definition, benefits and issues. *Energy Policy*, 33(6), 787–798. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.10.004>

Stouffer, K., Falco, J., & Scarfone, K. (2022). Guide to industrial control systems (ICS) security (NIST SP 800-82 Rev. 3). National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-82r3>

Unidad de Planeación Minero Energética –UPME–. (2022). Informe de seguimiento proyectos de medición inteligente en Colombia. UPME. <https://www.upme.gov.co>

Uniredes PLG SAS. (2023). Portafolio de servicios de ingeniería eléctrica y telecomunicaciones. Uniredes PLG SAS.

World Economic Forum –WEF–. (2021). Digital transformation of electricity networks: Pathways and challenges. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports/digital-transformation-electricity-networks>