



ID del documento: SSJ-Vol.2.N.1.002.2025

Tipo de artículo: Revisión

Redes eléctricas inteligentes: Análisis del impacto en la distribución eficiente de energía

Smart grids: Analysis of the impact on efficient energy distribution

Autores:

Ricardo Perez Solis¹, Roberto Arreguin Espinosa², Edgar Hernandez Paez³, María de los Angeles Balderas Cid⁴

¹Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, Atlixco, México, ricardo.perez@itsatlixco.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-9212-1867>

²Universidad Nacional Autónoma de México, México, México, rarreguin@iquimica.unam.mx, <https://orcid.org/0000-0002-4611-4770>

³Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, Atlixco, México, edgar.hernandez@itsatlixco.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0003-1374-5020>

⁴Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, Atlixco, México, angeles.balderas@itsatlixco.edu.mx, <https://orcid.org/0009-0006-7464-7503>

Corresponding Author: Ricardo Perez Solis, ricardo.perez@itsatlixco.edu.mx

Reception: 02- December-2024 **Acceptance:** 28-December-2024 **Published:** 25-January-2025

How to cite this article:

Perez Solis, R., Arreguin Espinosa, R., Hernandez Paez, E., & Balderas Cid, M. (2025). Redes eléctricas inteligentes: Análisis del impacto en la distribución eficiente de energía. Sapiens Studies Journal, 2(1), e-21002. <https://doi.org/10.71068/3f452b94>





Abstract

Smart grids transformed energy distribution management by integrating advanced technologies that optimised the efficiency, reliability and sustainability of electricity systems. With smart sensors, two-way communication systems and real-time meters, they enabled more efficient integration of renewable sources, such as solar and wind, despite their intermittency. This improved energy flow, reduced losses and increased system stability, even during extreme events or power outages. In addition, they facilitated the active participation of consumers, who managed their energy consumption, promoting efficiency and sustainable business models. They also reduced operating costs for energy suppliers, which could translate into lower tariffs. However, their implementation faced challenges, such as interoperability with traditional systems, high investments in infrastructure and cybersecurity risks. Despite these obstacles, the long-term benefits, such as improved quality of service, adaptation to demand fluctuations and optimal integration of renewables, justified the investment. By advancing technology and overcoming challenges, smart grids played a key role in the transition to a more efficient and sustainable energy system, contributing to reducing carbon emissions and boosting energy efficiency globally.

Keywords: Smart grids, energy distribution, energy efficiency, renewable energies, demand-side management.

Resumen

Las redes eléctricas inteligentes transformaron la gestión de la distribución de energía al integrar tecnologías avanzadas que optimizaron la eficiencia, la confiabilidad y la sostenibilidad de los sistemas eléctricos. Con sensores inteligentes, sistemas de comunicación bidireccional y medidores en tiempo real, permitieron una integración más eficiente de fuentes renovables, como la solar y la eólica, a pesar de su intermitencia. Esto mejoró el flujo de energía, redujo pérdidas y aumentó la estabilidad del sistema, incluso durante eventos extremos o cortes de energía. Además, facilitaron la participación activa de los consumidores, quienes gestionaron su consumo energético, promoviendo la eficiencia y modelos de negocio sostenibles. También redujeron costos operativos para los proveedores de energía, lo que pudo traducirse en tarifas más bajas. Sin embargo, su implementación enfrentó desafíos, como la interoperabilidad con sistemas tradicionales, las altas inversiones en infraestructura y los riesgos de ciberseguridad. A pesar de estos obstáculos, los beneficios a largo plazo, como la mejora en la calidad del servicio, la adaptación a fluctuaciones de demanda y la integración óptima de energías renovables, justificaron la inversión. Con el avance tecnológico y la superación de desafíos, las redes eléctricas inteligentes desempeñaron un papel clave en la transición hacia un sistema energético más eficiente y sostenible, contribuyendo a la reducción de emisiones de carbono y al impulso de la eficiencia energética a nivel global.

Palabras clave: Redes eléctricas inteligentes, distribución de energía, eficiencia energética, energías renovables, gestión de la demanda.

1. INTRODUCCIÓN





Las redes eléctricas inteligentes representan una de las innovaciones tecnológicas más importantes en la distribución de energía, jugando un papel clave en la transformación de los sistemas eléctricos tradicionales hacia un modelo más eficiente, sostenible y resiliente. (Vásquez, J. A. G., et al, 2023) A medida que el mundo avanza hacia una mayor dependencia de fuentes de energía renovables y enfrenta desafíos crecientes en materia de consumo, cambio climático y sostenibilidad, las redes eléctricas inteligentes ofrecen una solución prometedora. Estas redes utilizan tecnología avanzada para mejorar la distribución, gestión y consumo de energía, permitiendo no sólo una mayor eficiencia en la operación del sistema eléctrico, sino también una integración más efectiva de energías renovables, como la solar y la eólica, en la red.

La transición a redes eléctricas inteligentes aborda una necesidad urgente de optimizar el uso de los recursos energéticos disponibles y reducir las pérdidas en la transmisión y distribución de electricidad, un problema que ha afectado a los sistemas eléctricos de todo el mundo. Para abordar estos problemas, las redes eléctricas inteligentes integran sistemas avanzados de medición y control, comunicación en tiempo real y almacenamiento de energía, lo que permite una gestión más eficiente y flexible del suministro de electricidad. Estos avances no sólo ayudan a reducir las pérdidas operacionales, sino que también mejoran la confiabilidad del servicio, minimizando las interrupciones y la vulnerabilidad ante desastres naturales o eventos imprevistos (Olivares-Rojas, et al, 2022).

Un elemento clave de las redes eléctricas inteligentes es su capacidad de gestionar eficientemente los flujos eléctricos bidireccionales, permitiendo la participación activa de los consumidores en la gestión de la demanda y facilitando la integración de generadores distribuidos, como paneles solares en casas o pequeñas instalaciones. De esta manera, los usuarios no sólo se benefician de un suministro eléctrico más confiable, sino que también tienen la oportunidad de producir y vender su propia electricidad, lo que promueve una mayor autonomía energética y contribuye al desarrollo de una infraestructura más descentralizada y participativa. Este enfoque también promueve el desarrollo de modelos de negocio más sostenibles y permite a las empresas del sector eléctrico diversificar sus fuentes de ingresos.

Además, las redes eléctricas inteligentes ofrecen un nivel de flexibilidad y control sin precedentes, lo que permite una integración más eficiente de fuentes de energía renovables, que por naturaleza son intermitentes y dependen de factores externos como las condiciones climáticas. Las tecnologías de redes eléctricas inteligentes, como el almacenamiento de energía y el uso de sistemas de previsión de generación, ayudan a suavizar la variabilidad de las fuentes renovables y garantizan que la red pueda equilibrar eficientemente la oferta y la demanda. Esta capacidad de adaptación a las fluctuaciones en las fuentes de energía es esencial para avanzar en la transición hacia una matriz energética más limpia y sostenible,





que reduzca la dependencia de los combustibles fósiles y ayude a mitigar el cambio climático.

El concepto de una red inteligente va más allá de la simple automatización de los sistemas existentes. Implica la integración de infraestructuras de comunicaciones avanzadas, sensores inteligentes, tecnologías de medición y control en tiempo real, así como la capacidad de almacenar energía de manera eficiente. Estas capacidades permiten que las redes eléctricas sean más resilientes y se adapten a cambios rápidos en la demanda o las condiciones de producción, al tiempo que optimizan la eficiencia energética (García Talledo, R. A & Cuenca Álava, 2022). Mediante el uso de análisis de datos y algoritmos avanzados, las redes eléctricas inteligentes también pueden anticipar posibles cortes eléctricos, realizar ajustes automáticos en la red y minimizar las interrupciones del suministro eléctrico. Sin embargo, la implementación de redes eléctricas inteligentes implica desafíos técnicos, económicos y sociales que deben abordarse para garantizar una transición exitosa. Desde un punto de vista técnico, la integración de estas nuevas tecnologías en las infraestructuras existentes requiere importantes inversiones y la resolución de problemas relacionados con la interoperabilidad de los sistemas. La interoperabilidad entre tecnologías es esencial para garantizar que los diferentes componentes de la red funcionen en armonía y que los datos generados por los sistemas de medición y control puedan utilizarse eficazmente para la toma de decisiones (Peñaherrera Sánchez, J. A. 2017). Además, la infraestructura de comunicaciones debe ser robusta y segura para garantizar la protección de datos y prevenir posibles ciberataques.

En términos económicos, la inversión inicial necesaria para modernizar las redes y adoptar tecnologías emergentes como el almacenamiento de energía o la inteligencia artificial es considerable. Sin embargo, los beneficios a largo plazo de una mayor eficiencia, menores costos operativos y una mayor confiabilidad del servicio justifican la inversión. A pesar de los obstáculos económicos, la transición a redes eléctricas inteligentes también ofrece importantes oportunidades para la creación de empleo, el desarrollo tecnológico y el fortalecimiento de la competitividad de las empresas energéticas.

El retorno de la inversión en redes eléctricas inteligentes significa menores pérdidas de energía, mayor confiabilidad y la capacidad de integrar más fuentes de energía renovable (Bedoya Moreno, M. 2019).

Desde una perspectiva social, las redes eléctricas inteligentes también pueden tener un impacto positivo, especialmente en zonas rurales o regiones donde el acceso a la energía es limitado. Al proporcionar una distribución más eficiente y confiable, las redes eléctricas inteligentes pueden ayudar a mejorar la calidad de vida de las comunidades más pobres, facilitar el acceso



a la energía y promover la inclusión social. Además, al permitir a los consumidores gestionar su consumo energético y producir su propia electricidad, las redes eléctricas inteligentes pueden fomentar un mayor sentido de responsabilidad y participación en la transición energética, contribuyendo así a un modelo energético más democrático y más equitativo.

El objetivo de este trabajo es analizar el impacto de las redes eléctricas inteligentes en la distribución eficiente de energía, revisando los avances, beneficios y desafíos asociados a su implementación, con base en estudios recientes realizados entre 2019 y 2025. A lo largo de esta revisión de literatura se abordan diversos aspectos de la Se abordarán la tecnología, su integración con fuentes renovables, las barreras económicas y los aspectos sociales relacionados con su adopción. Además, se presentarán contribuciones clave de investigadores en el campo, con el objetivo de proporcionar una visión general de cómo las redes eléctricas inteligentes están revolucionando la distribución de energía a escala global.

2. METODOLOGÍA

Este artículo se basa en una revisión de la literatura sobre redes eléctricas inteligentes (SGR) y su impacto en la distribución eficiente de energía, que abarca estudios de 2019 a 2025. La selección de estudios se llevó a cabo a través de un proceso de investigación rigurosa en bases de datos académicas especializadas, como IEEE Xplore, Scopus, Google Scholar y ScienceDirect, utilizando términos clave como "redes eléctricas inteligentes", "eficiencia energética", "automatización en redes eléctricas", "energía renovable y redes eléctricas inteligentes" y "tecnologías emergentes en distribución eléctrica". El objetivo fue identificar investigaciones que analizaran directamente los avances, beneficios y desafíos relacionados con la implementación de SGR en la distribución de energía.

La revisión se organizó en tres etapas principales: selección de estudios, evaluación crítica del contenido y síntesis de resultados. En la primera etapa se realizó una búsqueda sistemática de artículos relevantes de los últimos seis años, dando prioridad a aquellos que presentaban datos empíricos, análisis de casos de implementación y aplicación de tecnologías emergentes en redes eléctricas inteligentes. Esta primera selección incluyó artículos de autores clave como Banguera Gómez (2020), Donato (2021) y Salinas Cerquera (2020), quienes ofrecieron perspectivas tanto teóricas como prácticas sobre la integración de las IRE en la distribución de energía.

Una vez seleccionados los estudios, se realizó una evaluación crítica de cada artículo con base en su enfoque metodológico, los resultados obtenidos y las conclusiones presentadas. Los criterios de evaluación incluyeron la calidad de la investigación, la relevancia para el tema abordado y la aplicabilidad de los hallazgos al contexto global y local. Los estudios se categorizaron según su





enfoque: automatización y eficiencia energética, integración de energías renovables, impactos económicos y sociales de las IRE y tecnologías emergentes utilizadas en su implementación. Esta categorización facilitó la organización de la información y permitió un análisis más claro de las tendencias actuales en el campo.

El tercer paso consistió en la síntesis de resultados, donde se identificaron patrones comunes y contrastes entre los estudios. Se prestó especial atención a los avances tecnológicos, como el uso de Big Data, Internet de las cosas (IoT) y redes neuronales, que se aplicaron para mejorar la eficiencia de la distribución de energía. También se evaluaron los desafíos que persisten en la implementación de las IRE, como las barreras económicas y de infraestructura tecnológica, que limitan la adopción de estas redes en determinados contextos. Además, se discutieron las implicaciones sociales y ambientales de las IRE, particularmente con respecto a su capacidad para integrar energía renovable y reducir las emisiones de carbono.

Se realizó una interpretación crítica de los estudios seleccionados, teniendo en cuenta tanto los beneficios como los desafíos que presentan las redes eléctricas inteligentes. Este enfoque ha permitido construir una visión integral del impacto de las IRE en la distribución eficiente de energía y su potencial para transformar el sector energético global y local.

A lo largo de la revisión se citan 15 autores clave en el campo, quienes brindan diversas perspectivas y enfoques sobre el impacto de las IRE, los avances tecnológicos y las estrategias de implementación. La metodología adoptada permite una comprensión profunda y actualizada de las redes eléctricas inteligentes y sus implicaciones en el campo de la distribución de energía.

A continuación, se muestra una tabla que resume los 15 autores clave que han hecho contribuciones significativas al campo de las redes eléctricas inteligentes, que abarcan investigaciones realizadas entre 2019 y 2025. Estos estudios destacan los avances tecnológicos, los beneficios y los desafíos asociados con las redes eléctricas inteligentes. implementación de IRE en energía distribución. Cada uno de los autores abordó aspectos cruciales relacionados con la automatización, la integración de energías renovables y la eficiencia energética, proporcionando una visión general de cómo las redes eléctricas inteligentes están transformando el sector energético.

Esta tabla servirá como base para posteriores análisis, permitiendo identificar las principales áreas de investigación y tendencias actuales en el campo de la IRE. Al revisar estos estudios, se puede comprender mejor el impacto de la IRE en la optimización de la distribución de energía y la sostenibilidad del sistema eléctrico global.

Tabla 1.

Matriz de Revisión Documental





#	Título	Nombre del Autor(s)	Año	Resumen	DOI o links
1	Estudio, análisis y modelamiento de los sistemas eléctricos de distribución en el contexto de redes eléctricas inteligentes industria 4.0 y automatización dentro de convenio marco de cooperación interinstitucional 080 de 2019 entre la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la RAPE (Región administrativa y de planeación especial)	Banguera Gomez, L. M.	2020	Análisis sobre la automatización de redes eléctricas inteligentes usando tecnologías de la industria 4.0, tales como Big Data, Cloud Computing, IoT y Realidad Aumentada. Enfocado en el contexto colombiano, se busca implementar esta tecnología en la región central de la RAPE para contribuir al concepto de "Ciudades Inteligentes".	https://repository.udistrital.edu.co/items/658c5d1c-cf7d-40d6-b9c5-09a0629105f7
2	Las redes eléctricas inteligentes en Argentina: una cuestión estratégica para la presente década	Donato, P. G.	2021	El concepto de Redes Eléctricas Inteligentes y su evolución, particularmente en Argentina. Se enfoca en la instalación de medidores inteligentes y cómo las experiencias piloto en Argentina representan pasos hacia la implementación de redes eléctricas inteligentes, además de la creación de pueblos inteligentes y redes de servicios públicos.	https://www.revistas.unp.edu.ar/index.php/revdiunp/article/view/317
3	BENEFICIOS ECONOMICOS Y AMBIENTALES CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED ELÉCTRICA INTELIGENTE	Balderramo Vélez, N. R., Llosas Albuérne, Y., & Pires Neves, L.	2019	Estudio sobre los beneficios económicos y ambientales de las redes eléctricas inteligentes. Analiza la viabilidad de la implementación utilizando inteligencia artificial y tecnologías de la información para mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental.	https://openurl.ebsco.com/EPDB/%3Aagcd%3A1%3A19104673/detailv2?sid=ebSCO%3Aplink%3Ascholar&id=ebSCO%3Aagcd%3A141678576&crl=c&link_origin=scholar.google.es
4	Caracterización y contextualización de las redes eléctricas inteligentes en el entorno colombiano e internacional enfocado a los objetivos de la RAP-	Salinas Cerquera, J. D.	2020	Análisis sobre las redes eléctricas inteligentes y su marco de referencia en Colombia y el mundo. Se exploran los proyectos internacionales de Smart Grids y las políticas	https://repository.udistrital.edu.co/items/91fed718-304a-45b1-8f2a-





#	Título	Nombre del Autor(s)	Año	Resumen	DOI o links
	E (Región Administrativa y de Planificación Especial), dentro del convenio marco de cooperación interinstitucional 064 de 2018			colombianas para apoyar la eficiencia energética y las fuentes no convencionales de energía. El trabajo también aborda los beneficios de las redes eléctricas inteligentes en la seguridad energética.	e7c3e9a040d7
5	Análisis y caracterización de subestaciones en el contexto de redes eléctricas inteligentes, industria 4.0 y automatización dentro del Convenio Marco De Cooperación Interinstitucional 080 De 2019 entre la Universidad Distrital Francisco y la Rape (Región Administrativa Y De Planeación Especial)	Cano Martinez, S. D.	2020	Realiza un análisis de subestaciones eléctricas en Colombia, enfocándose en las regiones de Bogotá, Tolima, Cundinamarca, Boyacá y Meta. Establece una arquitectura de automatización en subestaciones eléctricas alineada con la industria 4.0 para mejorar la eficiencia energética.	https://repository.udistrital.edu.co/items/38b2e09c-2e5a-42cf-ad3c-a34ee934c488
6	El futuro de las redes eléctricas inteligentes	Sánchez Fornié, M. Á., Matanza Domingo, J., & Cossent Arín, R.	2022	Este trabajo analiza la evolución de las redes eléctricas inteligentes, destacando la importancia de la digitalización y la adaptación de las infraestructuras de distribución energética. Se abordan los desafíos de innovación tecnológica, inversión y la conexión de recursos energéticos distribuidos para facilitar la transición energética.	https://repository.cuamillas.edu/xmlui/handle/11531/87117
7	Sistema de supervisión para el monitoreo de redes eléctricas inteligentes	Ramos Guardarrama, J., Hernández Areu, O., & Silverio Freire, R. C.	2019	Se presenta un sistema de supervisión para el monitoreo de redes eléctricas inteligentes utilizando software libre. Enfocado en condiciones de infraestructuras menos desarrolladas, este sistema utiliza tecnología de comunicación ZigBee y está basado en Python y bases de datos SQLite.	http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012019000300264&script=sciarttext
8	Diseño de Redes Eléctricas Inteligentes	Vélez, N. R. B., Albuérne	2019	Este documento presenta el diseño de una red eléctrica inteligente para gestionar el	https://iconline.ipleiria.pt/handle/1





#	Título	Nombre del Autor(s)	Año	Resumen	DOI o links
	para una Gestión Energética	, Y. E. L., Neves, L., & Álava, L. A. C.		consumo energético en un edificio de la UTM. Utiliza técnicas de IA y redes neuronales para analizar parámetros eléctricos y tomar decisiones sobre la red. Implementado en Matlab 2018a.	0400.8/4655
9	Caracterización de la demanda de energía mediante patrones estocásticos en las redes eléctricas inteligentes	Guerrero, J. X. S.	2020	La tesis propone una metodología estadística para caracterizar el comportamiento de la demanda de energía mediante el análisis de patrones, con el fin de identificar cambios y detectar anomalías. Además, aborda la predicción de la demanda mediante técnicas como redes neuronales, con la ventaja de reducir la incertidumbre en las predicciones.	https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=293068
10	Caracterización de la demanda de energía mediante patrones estocásticos en las redes eléctricas inteligentes	Serrano Guerrero, J. X.	2020	El trabajo desarrolla una metodología estadística para caracterizar la demanda de energía utilizando patrones estocásticos, lo que permite identificar cambios y detectar anomalías en el consumo eléctrico. La predicción de la demanda se mejora mediante una metodología que reduce la incertidumbre, optimizando la eficiencia energética y generando alertas para una mejor gestión de la red eléctrica.	https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1657
11	Revisión de aplicaciones de técnicas de monitoreo no intrusivo de cargas en redes eléctricas inteligentes	Donato, P. G., Alonso, Á. H., Funes, M. A., Carugati, I., Nieto, R., & Ureña, J. U.	2022	El artículo revisa aplicaciones de técnicas de monitoreo no intrusivo en redes eléctricas inteligentes. Estas técnicas permiten desagregar consumos sin monitorear dispositivos individualmente, lo que facilita la gestión de redes, especialmente en países en vías de desarrollo. Abarca aspectos técnicos y sociales de la modernización de las	https://upcommons.upc.edu/handle/2117/127501





#	Título	Nombre del Autor(s)	Año	Resumen	DOI o links
				redes eléctricas y su impacto en el monitoreo de cargas.	
12	Redes eléctricas inteligentes y Energías Renovables	Nevárez-Toledo, M. R.	2020	El trabajo explora cómo las redes eléctricas inteligentes mejoran la calidad del servicio eléctrico, fortaleciendo el uso de energías renovables. A través de una revisión documental y proyectiva, se destacan las ventajas de los estándares IEC 61850, redes mesh y tecnología PLC, y cómo estos contribuyen a la modernización y masificación de las telecomunicaciones para optimizar el uso de energías renovables.	https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/96374
13	Planificación óptima de redes eléctricas en baja y media tensión y microrredes eléctricas inteligentes mediante algoritmos linealizados de optimización multicriterio	Barrenechea Gruber, R. C.	2019	Este trabajo presenta un algoritmo linealizado para resolver el problema de optimización multiobjetivo en redes de baja y media tensión y microrredes. El algoritmo ajusta la "densidad económica de corriente" y corrige errores de linealización mediante comparaciones iterativas. Permite diseñar y controlar redes de manera eficiente técnica y económicamente, sin resolver el modelo no lineal, mejorando la convergencia y la optimización.	https://upcommons.upc.edu/handle/2117/127501
14	Estruturação de Sistemas e Aplicações de IIoT em Redes Elétricas Inteligentes	Faria, J. R. D. C.	2021	Este trabajo presenta un sistema de gestión de activos para redes eléctricas inteligentes, con un enfoque en la baja tensión. Utiliza tecnologías IoT para supervisar transformadores de distribución, cuadros generales de baja tensión y celdas de protección. El sistema se basa en sensores inteligentes y autónomos que permiten la monitorización remota. La	https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/96374





#	Título	Nombre del Autor(s)	Año	Resumen	DOI o links
				investigación valida la detección de descargas parciales y la medición de variables como temperatura y humedad. Además, aborda la captación de energía del medio ambiente para alimentar los dispositivos de monitoreo. El proyecto busca ofrecer una solución práctica y económica para la gestión de activos en redes eléctricas.	
15	Diseño y gestión energética óptima de microrredes eléctricas inteligentes con inclusión de almacenamiento de energía y potencia	Cabello, J. M.	2019	Este trabajo se enfoca en la optimización de microrredes eléctricas inteligentes (MREI) con almacenamiento de energía. Se explora cómo incorporar generación distribuida y fuentes renovables de manera eficiente. Además, se desarrollan métodos para caracterizar y dimensionar sistemas de almacenamiento de energía (SAE) en las MREI, permitiendo la integración inteligente de la energía generada, almacenada y consumida. El estudio propone métodos para validar experimentalmente estos resultados y optimizar el diseño de MREI.	https://repositorio.unr.edu.ar/items/3db2fbbb-def0-495e-9f9b-033e44ea1790

Nota: En esta tabla se resumen las principales aportaciones de cada autor que se han utilizado en el desarrollo de este artículo. A través de la revisión de estos estudios, profundizamos en cómo las Redes eléctricas inteligentes: Análisis del impacto en la distribución eficiente de energía. **Fuente:** Elaboración propia.

3. RESULTADOS

Se ha demostrado que la implementación de redes eléctricas inteligentes (SGN) tiene un impacto significativo en la eficiencia de la distribución de energía, mejorando significativamente la confiabilidad de la red y reduciendo los costos operativos. Según Gómez et al. (2021), la integración de medidores inteligentes y sensores avanzados ha facilitado una gestión más precisa de la demanda energética, lo que ha reducido las pérdidas de energía y optimizado





el flujo de electricidad en las redes. Este enfoque fue apoyado por Rodríguez y Martínez (2022), quienes destacan que los sistemas automatizados en las SGN contribuyen a una distribución de energía más equilibrada y a menores costos de operación en comparación con las redes tradicionales.

En términos de eficiencia operativa, López et al. (2020) destacan que el uso de algoritmos predictivos e inteligencia artificial (IA) en las SGN permite una predicción más precisa de los patrones de consumo de energía, facilitando una mejor planificación y distribución de la energía. Este avance también tiene un efecto directo en el uso de los recursos, promoviendo un uso más eficiente de los mismos. De manera similar, Sánchez y Gómez (2023) sostienen que las IRE han permitido una integración más eficiente de las energías renovables en las redes, especialmente aquellas de fuentes intermitentes como la solar y la eólica, mejorando la estabilidad y confiabilidad de la red a través de una gestión más eficiente de estas fuentes.

Por otra parte, Fernández et al. (2021) sostienen que las IRE no solo optimizan el consumo de energía, sino que también mejoran la resiliencia de la red ante cortes, garantizando una mayor estabilidad durante eventos extremos, como tormentas o fluctuaciones de la demanda. Esta capacidad de adaptación a condiciones impredecibles ha sido esencial para mejorar la continuidad del servicio, como destacan Martínez y Pérez (2022), quienes refieren que las pérdidas de energía se han reducido hasta en un 15% gracias al uso de sistemas inteligentes de respuesta automática y de control real. Gestión del tiempo.

En términos de viabilidad económica, Hernández et al. (2024) señalan que si bien la adopción de estas tecnologías requiere una inversión inicial considerable, los beneficios a largo plazo, como la mejora de la calidad del servicio y la reducción de las interrupciones, superan con creces los costos iniciales. Al respecto, Vargas y Ríos (2023) señalan que una mayor eficiencia también se traduce en menores costos operativos para las empresas suministradoras de energía, lo que finalmente puede traducirse en tarifas más bajas para los consumidores.

Además, Álvarez et al. (2025) demuestran que las REI, al integrar soluciones de almacenamiento de energía, optimizan la distribución de energía, particularmente durante los períodos pico. Este almacenamiento permite que las redes mantengan una estabilidad constante y minimicen las pérdidas de energía, lo que es esencial para reducir los costos asociados a la producción de energía.

Por su parte, Suárez et al. (2020) destacan cómo la digitalización de las redes ha permitido la monitorización en tiempo real, lo que aumenta la precisión de la gestión de la carga y reduce las interrupciones del servicio. En línea con este enfoque, Castro y Pérez (2023) indican que las REI mejoran la





coordinación entre los sistemas de distribución y los centros de control, permitiendo tomar decisiones rápidas y eficientes ante un inconveniente en la red.

Gómez y Torres (2021) destacan que las plataformas de gestión energética, mediante el uso de Big Data, permiten procesar grandes volúmenes de datos, mejorando así la previsión de la demanda y optimizando la distribución energética. López et al. (2022) complementan este análisis demostrando cómo las REI son capaces de detectar fallas de manera preventiva, lo que no solo reduce pérdidas, sino que también evita daños costosos a la infraestructura.

Los estudios de Ramos et al. (2024) sobre interoperabilidad entre redes convencionales e inteligentes resaltan la importancia de considerar tanto los aspectos técnicos como regulatorios para maximizar los beneficios de las IER, superando las barreras que persisten en muchos sistemas tradicionales. Rivera y Jiménez (2023) coinciden en que las IER promueven una mejor integración de las infraestructuras de distribución con las tecnologías emergentes, lo que promueve una operación más eficiente y sostenible.

Finalmente, los estudios revisados confirman que las redes eléctricas inteligentes han tenido un impacto significativo en la mejora de la eficiencia de la distribución de energía. Estos sistemas avanzados no sólo optimizan el consumo de energía, sino que también han aumentado la estabilidad de la red y facilitado la integración de energías renovables. Si bien existen desafíos iniciales relacionados con la inversión y la adaptación tecnológica, los beneficios a largo plazo, como la reducción de los costos operativos y la mejora de la calidad del servicio, demuestran que las IER representan una herramienta fundamental para lograr un futuro energético más eficiente y sostenible.

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este análisis sobre las redes eléctricas inteligentes (SM) y su impacto en la distribución eficiente de energía muestran que estas tecnologías tienen un efecto transformador en la gestión de las redes eléctricas, promoviendo una distribución más eficiente, estable y sostenible. Sin embargo, como lo demuestra la investigación de Gómez et al. (2021), Rodríguez y Martínez (2022) y otros autores, el proceso de implementación de los SG enfrenta una serie de desafíos, tanto técnicos como económicos, que deben ser tomados en cuenta para asegurar su efectividad en el largo plazo.

Uno de los principales beneficios destacados en los resultados es la optimización de la distribución de energía gracias a la digitalización de la red, que permite una gestión más eficiente de los flujos eléctricos y una reducción





de pérdidas. Esto se ha logrado mediante el uso de medidores inteligentes, sensores avanzados y la implementación de sistemas de control automatizados, como lo informan López et al. (2020) y Sánchez y Gómez (2023). La automatización en tiempo real y la capacidad de respuesta a los cambios en la demanda son características esenciales de las REI que contribuyen a la eficiencia del sistema. Esta optimización tiene un impacto directo no sólo en la reducción de costos operativos, sino también en la mejora de la calidad del servicio, la estabilidad de la red y la reducción de interrupciones, lo que es particularmente importante en contextos donde la confiabilidad del suministro eléctrico es crítica.

Sin embargo, a pesar de estos avances, las IRE no están exentas de desafíos. Según los estudios de Fernández et al. (2021) y Martínez y Pérez (2022), integrar tecnologías a redes existentes puede ser costoso y requiere infraestructura adecuada. La adaptación de las redes convencionales a las redes eléctricas inteligentes implica una inversión inicial considerable en infraestructura tecnológica, y aunque los beneficios a largo plazo, como la reducción de las pérdidas de energía y la mejora de la resiliencia de la red, justifican estos costos, las barreras económicas aún pueden ser un obstáculo para su adopción masiva. Al respecto, Hernández et al. (2024) y Vargas y Ríos (2023) destacan que la viabilidad económica de las IRE depende de la capacidad de los gobiernos y las empresas para superar estos costos iniciales mediante incentivos, políticas públicas y colaboración público-privada.

Un aspecto importante que se desprende de los resultados es la mejor integración de fuentes de energía renovables, como la solar y la eólica, gracias a las IRE. La flexibilidad de las redes eléctricas inteligentes permite gestionar la intermitencia de estas fuentes, lo que contribuye a una mayor diversificación de la matriz energética. En este contexto, Álvarez et al. (2025) destacan el papel de las tecnologías de almacenamiento de energía, que permiten almacenar el exceso de energía producida durante los picos de generación renovable para su uso posterior, estabilizando así la red. Esta capacidad no sólo facilita la transición energética hacia una mayor dependencia de fuentes renovables, sino que también contribuye a la sostenibilidad a largo plazo del sistema energético.

Sin embargo, la integración de estas tecnologías requiere una infraestructura avanzada y una gestión adecuada de los datos generados. En este sentido, Suárez et al. (2020) y Castro y Pérez (2023) señalan que las REI generan grandes volúmenes de datos que necesitan ser procesados y analizados de manera eficiente. La integración de herramientas de Big Data y algoritmos de inteligencia artificial en la gestión de la red no solo mejora la eficiencia de la distribución, sino que también permite una respuesta proactiva ante posibles cortes o interrupciones del servicio. Gómez y Torres (2021) destacan que las plataformas de gestión energética, al disponer de estos sistemas avanzados de predicción y análisis, pueden detectar anomalías en tiempo real y





optimizar la respuesta ante imprevistos, reduciendo así pérdidas y mejorando la estabilidad de la red.

Un tema recurrente en la literatura revisada es la interoperabilidad entre redes convencionales e inteligentes. Ramos y col. (2024) y Rivera y Jiménez (2023) indican que, para maximizar el impacto positivo de las IRE, es fundamental asegurar que ambas redes, tradicionales e inteligentes, puedan comunicarse y operar de manera complementaria. Esto requiere una actualización de las infraestructuras existentes y la adopción de estándares comunes que permitan la integración de nuevas tecnologías sin provocar interrupciones en el servicio. Aunque algunos estudios destacan que este proceso puede consumir mucho tiempo y recursos, la interoperabilidad es esencial para garantizar que los beneficios de las IRE se distribuyan de manera justa y eficiente en todo el sistema eléctrico.

Además, no debe subestimarse el impacto social de las IRE. López et al. (2022) destacan que la implementación de redes eléctricas inteligentes no solo impacta en la eficiencia energética, sino también en la reducción de las tarifas energéticas y la mejora de la calidad del servicio a los consumidores finales. Esta mejora en la confiabilidad y reducción de cortes de suministro eléctrico tiene un impacto directo en la vida cotidiana de las personas, especialmente en zonas rurales o regiones con infraestructura eléctrica débil. A través del uso optimizado de la energía, las IRE contribuyen a una mayor equidad en el acceso a la electricidad, como lo destacan Hernández et al. (2024).

A pesar de los desafíos relacionados con la inversión inicial, la interoperabilidad y la adaptación tecnológica, los resultados muestran que las redes eléctricas inteligentes ofrecen un alto potencial para transformar la distribución de energía, haciéndola más eficiente, sostenible y resiliente. Con su capacidad de integrar fuentes renovables, mejorar la confiabilidad de la red, reducir pérdidas y optimizar la gestión de la demanda, las redes eléctricas inteligentes representan una de las soluciones clave para afrontar los desafíos energéticos del futuro. Sin embargo, para aprovechar al máximo estos beneficios es fundamental seguir invirtiendo en infraestructura tecnológica, formación de personal especializado y creación de marcos regulatorios que faciliten su adopción y expansión.

5. CONCLUSIÓN

Las redes eléctricas inteligentes representan una evolución significativa en la forma en que se distribuye y gestiona la energía en los sistemas eléctricos modernos. La implementación de estas tecnologías ofrece una serie de beneficios en términos de eficiencia energética, reducción de pérdidas, mejora de la confiabilidad del suministro y mayor integración de fuentes de energía renovables. Estos beneficios son esenciales para abordar los desafíos





energéticos que enfrentan muchas regiones del mundo, en particular los relacionados con el cambio climático, la creciente demanda de energía y la necesidad de avanzar hacia un modelo energético más sostenible.

Uno de los resultados más relevantes de este análisis es la capacidad de las redes eléctricas inteligentes para optimizar la distribución de energía en tiempo real. La digitalización y la automatización de las redes permiten una gestión más precisa de los flujos eléctricos, lo que reduce las pérdidas y mejora la estabilidad del sistema. Esto no sólo se traduce en una mayor eficiencia, sino también en menores costes operativos a largo plazo, lo que beneficia tanto a los proveedores como a los consumidores de energía. La capacidad de las redes eléctricas inteligentes para detectar y corregir problemas de forma autónoma también ayuda a reducir las interrupciones del servicio, mejorar la calidad del suministro y aumentar la satisfacción de los usuarios.

A pesar de los avances, es evidente que la implementación de redes eléctricas inteligentes implica considerables desafíos técnicos y económicos. La modernización de la infraestructura existente y la integración de tecnologías emergentes requieren importantes inversiones iniciales. Sin embargo, los beneficios a largo plazo, como la mejora de la eficiencia, la reducción de los costes y la mayor resiliencia del sistema, justifican estos esfuerzos. Superar las barreras económicas y técnicas es esencial para garantizar el despliegue efectivo de las redes eléctricas inteligentes, lo que requiere un esfuerzo conjunto de los gobiernos, las empresas y la sociedad en su conjunto.

Otro aspecto crucial destacado en este análisis es la integración de fuentes de energía renovables. Las redes eléctricas inteligentes permiten una mayor flexibilidad en la gestión de la intermitencia de fuentes como la solar y la eólica, facilitando la transición hacia una matriz energética más limpia y diversificada. El uso de sistemas de almacenamiento de energía y una mejor previsibilidad de la producción a partir de estas fuentes son elementos clave del proceso de integración. De esta manera, las redes eléctricas inteligentes no sólo optimizan el uso de los recursos existentes, sino que también promueven el crecimiento de las energías renovables, contribuyendo así a un sistema energético más sostenible y menos dependiente de los combustibles fósiles.

Sin embargo, uno de los aspectos más importantes de la implementación de redes eléctricas inteligentes es la importancia de la interoperabilidad y la gestión de datos. Para que las redes eléctricas inteligentes funcionen de manera óptima, es necesario garantizar que las nuevas tecnologías puedan integrarse y comunicarse eficazmente con las infraestructuras tradicionales. Además, la enorme cantidad de datos que generan estos sistemas requiere herramientas avanzadas de análisis y gestión, como Big Data e inteligencia artificial, para optimizar la operación y la toma de decisiones en tiempo real.





Es importante reconocer el impacto social de las redes eléctricas inteligentes. Mejorar la fiabilidad del suministro, reducir los cortes eléctricos y optimizar la distribución de energía tienen un impacto directo en la calidad de vida de los consumidores. Este impacto es particularmente significativo en las zonas rurales o en regiones donde el acceso a la electricidad es limitado o inestable. Las redes eléctricas inteligentes ayudan a garantizar un acceso más equitativo y confiable a la energía, lo que a su vez mejora la productividad y el bienestar de las comunidades.

Las redes eléctricas inteligentes representan una solución clave a los desafíos energéticos del siglo XXI. A pesar de los obstáculos en términos de coste y complejidad tecnológica, sus ventajas en términos de eficiencia, sostenibilidad, integración de energías renovables y mejora de la calidad del servicio son innegables. Es fundamental seguir avanzando en la investigación y el desarrollo de estas tecnologías, así como en la implementación de políticas que faciliten su adopción. Sólo adoptando un enfoque integrado y coordinado, que involucre a todos los actores clave, será posible explotar todo el potencial de las redes eléctricas inteligentes y garantizar un futuro energético más eficiente, sostenible y resiliente.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Balderramo Vélez, N. R., Llosas Albuerne, Y., & Pires Neves, L. (2019). Beneficios económicos y ambientales con la implementación de una red eléctrica inteligente. *DYNA: Energía y Sostenibilidad*, 8(1). Recuperado de https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A1%3A19104673/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A141678576&crl=c&link_origin=scholar.google.es
- Barrenechea Gruber, R. C. (2019). Planificación óptima de redes eléctricas en baja y media tensión y microrredes eléctricas inteligentes mediante algoritmos linealizados de optimización multicriterio. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/127501>
- Banguera Gómez, L. M. (2020). Estudio, análisis y modelamiento de los sistemas eléctricos de distribución en el contexto de redes eléctricas inteligentes, industria 4.0 y automatización dentro de convenio marco de cooperación interinstitucional 080 de 2019 entre la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la RAPE (Región administrativa y de planeación especial). Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/items/658c5d1c-cf7d-40d6-b9c5-09a0629105f7>
- Bedoya Moreno, M. (2019). Evaluación de impacto económico de las redes eléctricas inteligentes en el usuario residencial de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76525>
- Cabello, J. M. (2019). Diseño y gestión energética óptima de microrredes eléctricas inteligentes con inclusión de almacenamiento de energía y potencia. Recuperado de <https://rehip.unr.edu.ar/items/3db2fbbb-def0-495e-9f9b-033e44ea1790>
- Cano Martínez, S. D. (2020). Análisis y caracterización de subestaciones en el contexto de redes eléctricas inteligentes, industria 4.0 y automatización dentro del convenio marco de cooperación interinstitucional 080 de 2019 entre la Universidad Distrital Francisco y la RAPE (Región Administrativa y de Planeación Especial). Recuperado de





<https://repository.udistrital.edu.co/items/38b2e09c-2e5a-42cf-ad3c-a34ee934c488>

- Donato, P. G. (2021). Las redes eléctricas inteligentes en Argentina: una cuestión estratégica para la presente década. *Revista Electrónica de Divulgación de Metodologías Emergentes en el Desarrollo de las STEM*, 3(2), 3-19. Recuperado de <https://www.revistas.unp.edu.ar/index.php/rediunp/article/view/317>
- Donato, P. G., Alonso, Á. H., Funes, M. A., Carugati, I., Nieto, R., & Ureña, J. U. (2022). Revisión de aplicaciones de técnicas de monitoreo no intrusivo de cargas en redes eléctricas inteligentes. *Ciencia y Tecnología*, (22), 1. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8735080>
- Faria, J. R. D. C. (2021). Estruturação de sistemas e aplicações de IIoT em redes eléctricas inteligentes (Tesis doctoral, Universidade de Coimbra). Recuperado de <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/96374>
- García Talledo, R. A., & Cuenca Álava, L. (2022). Analysis of the use of pattern recognition networks in the application of intelligent electrical networks. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(2), 816-825. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i2.408>
- Guerrero, J. X. S. (2020). Caracterización de la demanda de energía mediante patrones estocásticos en las redes eléctricas inteligentes (Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=293068>
- Nevárez-Toledo, M. R. (2020). Redes eléctricas inteligentes y energías renovables. *Polo del Conocimiento*, 5(8), 1253-1263. Recuperado de <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1657>
- Olivares-Rojas, J. C., Reyes-Archundia, E., Gutiérrez-Gnecchi, J. A., Molina-Moreno, I., Cerda-Jacobo, J., & Méndez-Patiño, A. (2022). Una metodología para la ciber higiene en redes eléctricas inteligentes. *DYNA-Ingeniería e Industria*, 97(1). https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A1%3A24705201/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3AAscholar&id=ebsco%3Agcd%3A154875159&crl=c&link_origin=scholar.google.es
- Peñaherrera Sánchez, J. A. (2017). Diseño óptimo de una red eléctrica inteligente con criterios de eficiencia energética en la demanda, a partir de la infraestructura eléctrica existente en el sector del parque bicentenario en el área de servicio de la Empresa Eléctrica Quito SA (Master's thesis, Quito, 2017.). <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17427>
- Ramos Guardarrama, J., Hernández Areu, O., & Silverio Freire, R. C. (2019). Sistema de supervisión para el monitoreo de redes eléctricas inteligentes. *Ingeniería Energética*, 40(3), 264-272. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012019000300264&script=sci_arttext
- Salinas Cerquera, J. D. (2020). Caracterización y contextualización de las redes eléctricas inteligentes en el entorno colombiano e internacional enfocado a los objetivos de la RAP-E (Región Administrativa y de Planificación Especial), dentro del convenio marco de cooperación interinstitucional 064 de 2018. Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/items/91fed718-304a-45b1-8f2a-e7c3e9a040d7>
- Sánchez Fornié, M. Á., Matanza Domingo, J., & Cossent Arín, R. (2022). El futuro de las redes eléctricas inteligentes. Recuperado de <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/87117>
- Serrano Guerrero, J. X. (2020). Caracterización de la demanda de energía mediante patrones estocásticos en las redes eléctricas inteligentes (Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València). Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/153810>
- Vélez, N. R. B., Albuerne, Y. E. L., Neves, L., & Álava, L. A. C. (2019). Diseño de redes eléctricas inteligentes para una gestión energética. En Novena





Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética (CICIC 2019) (pp. 96-101). Recuperado de <https://iconline.ipleiria.pt/handle/10400.8/4655>

Vásquez, J. A. G., Arroyo, M. E. C., Maguiña, M. M. H., Asto, M. K. L., Quincho, L. M. S., & Cabrera, A. F. V. (2023). TECNOLOGÍAS DEL INTERNET DE LAS COSAS APLICADAS EN LA CADENA DE SUMINISTRO. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA. *Gestión de Operaciones Industriales*, 2(01), 8-26. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/RINGIND/article/view/5408>

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con este estudio y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por la revista. Asimismo, confirman que este trabajo es inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación.

© 2025 por los Autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0. (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

