



*Redes Inteligentes como Pilar de la Transición Energética: Sinergias entre
Electrónica, Telecomunicaciones y Electricidad*

*Smart Grids as a Pillar of the Energy Transition: Synergies between Electronics,
Telecommunications and Electricity*

*As Redes Inteligentes como Pilar da Transição Energética: Sinergias entre a
Electrónica, as Telecomunicações e a Electricidade*

Johan Manuel Martínez Bucheli ^I

johan.martinez.bucheli@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-1725-3378>

Jean Pierre Martínez Bucheli ^{II}

consorciomedicionesp@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-1045-8199>

Correspondencia: johan.martinez.bucheli@utelvt.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 26 de octubre de 2024 * **Aceptado:** 24 de noviembre de 2024 * **Publicado:** 30 de diciembre de 2024

- I. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Magíster en Telecomunicaciones, Docente de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- II. Ingeniero Eléctrico de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.

Resumen

Las redes inteligentes se alzan como el eje transformador del sistema eléctrico, una intersección virtuosa entre la electrónica avanzada, las telecomunicaciones de última generación y tecnologías emergentes que prometen revolucionar la eficiencia energética. Este artículo explora, de manera exhaustiva, los pilares fundamentales de estas redes: desde sensores inteligentes capaces de monitorear en tiempo real hasta microcontroladores que automatizan flujos eléctricos con precisión quirúrgica, pasando por tecnologías disruptivas como IoT y 5G que viabilizan una conectividad sin precedentes. Sin embargo, la innovación no está exenta de retos; barreras tecnológicas, marcos regulatorios insuficientes y desafíos económicos aún limitan su implementación masiva. En este contexto, se subraya la urgencia de políticas públicas robustas y modelos de financiamiento sostenibles para catalizar su adopción. Paralelamente, el artículo indaga en tendencias emergentes como inteligencia artificial, aprendizaje automático y blockchain, augurando un futuro donde las redes inteligentes serán autónomas, interconectadas y altamente resilientes. Este análisis concluye que estas redes no son solo una respuesta a la transición energética global, sino también una promesa tangible de sostenibilidad, equidad y eficiencia para las próximas generaciones.

Palabras Clave: Redes inteligentes; Gestión energética; Sostenibilidad.

Abstract

Smart grids are emerging as the transformative axis of the electrical system, a virtuous intersection between advanced electronics, cutting-edge telecommunications and emerging technologies that promise to revolutionize energy efficiency. This article exhaustively explores the fundamental pillars of these networks: from smart sensors capable of real-time monitoring to microcontrollers that automate electrical flows with surgical precision, as well as disruptive technologies such as IoT and 5G that enable unprecedented connectivity. However, innovation is not without challenges; technological barriers, insufficient regulatory frameworks and economic challenges still limit their massive implementation. In this context, the urgency of robust public policies and sustainable financing models to catalyze their adoption is underlined. In parallel, the article investigates emerging trends such as artificial intelligence, machine learning and blockchain, predicting a future where smart grids will be autonomous, interconnected and highly resilient. This analysis concludes that these networks are not only a response to the global energy transition, but also a tangible promise of sustainability, equity and efficiency for future generations.

Keywords: Smart grids; Energy management; Sustainability.

Resumo

As redes inteligentes constituem o eixo transformador do sistema eléctrico, uma intersecção virtuosa entre a electrónica avançada, as telecomunicações de próxima geração e as tecnologias emergentes que prometem revolucionar a eficiência energética. Este artigo explora exaustivamente os pilares fundamentais destas redes: desde sensores inteligentes capazes de monitorizar em tempo real até microcontroladores que automatizam fluxos eléctricos com precisão cirúrgica, até tecnologias disruptivas como IoT e 5G que permitem uma conectividade sem precedentes. No entanto, a inovação não está isenta de desafios; As barreiras tecnológicas, os quadros regulamentares insuficientes e os desafios económicos ainda limitam a sua implementação massiva. Neste contexto, destaca-se a urgência de políticas públicas robustas e de modelos de financiamento sustentáveis para catalisar a sua adoção. Ao mesmo tempo, o artigo investiga tendências emergentes como a inteligência artificial, a aprendizagem automática e a blockchain, prevendo um futuro onde as redes inteligentes serão autónomas, interligadas e altamente resilientes. Esta análise conclui que estas redes não são apenas uma resposta à transição energética global, mas também uma promessa tangível de sustentabilidade, equidade e eficiência para as gerações futuras.

Palavras-chave: Redes inteligentes; Gestão de energia; Sustentabilidade.

Introducción

En un mundo que enfrenta la doble presión del cambio climático y la búsqueda de sostenibilidad, la transición energética global no es opcional, es imperativa. En este marco, las redes inteligentes emergen no solo como un avance tecnológico, sino como el corazón palpitante de una infraestructura energética modernizada y resiliente. Estas redes no solo integran fuentes renovables como la solar y eólica, sino que lo hacen con una eficiencia que redefine las normas tradicionales de generación, distribución y consumo energético.

¿Qué las hace tan revolucionarias? Su capacidad para incorporar tecnologías avanzadas de monitoreo, control y comunicación que responden en tiempo real a las necesidades de los consumidores y la variabilidad de las fuentes de energía (Hernández et al., 2023). Pero la verdadera magia radica en la convergencia de tres disciplinas: la electrónica, que aporta sensores y sistemas

embebidos de vanguardia; las telecomunicaciones, con tecnologías como IoT y 5G que aseguran conectividad ubicua; y la electricidad, el sustrato esencial que sustenta la operación del sistema.

El desafío, sin embargo, es colosal. En países en desarrollo, donde las infraestructuras energéticas son frágiles, estas redes pueden democratizar el acceso a la energía y reducir brechas socioeconómicas, siempre que se diseñen con sensibilidad local y un enfoque sostenible (Cajamarca & Peñaloza, 2023).

Este ensayo analiza no solo los avances tecnológicos que posibilitan estas redes, sino también los desafíos y las oportunidades que moldean su implementación. En un escenario global en constante cambio, las redes inteligentes representan una promesa ineludible para transformar la gestión energética y enfrentar los retos del siglo XXI.

Desarrollo

Redes Inteligentes: Una Mirada Profunda y Disruptiva

Las redes eléctricas inteligentes, o *smart grids*, emergen como un hito transformador, reconfigurando la esencia misma de la infraestructura energética convencional. A través de la incorporación de tecnologías avanzadas de comunicación y control, estas redes son capaces de ofrecer una gestión no solo eficiente, sino también ágil, segura y profundamente sostenible de la energía eléctrica. A diferencia de las redes tradicionales, estáticas y unidireccionales, las redes inteligentes son intrínsecamente bidireccionales, lo que les permite una circulación dinámica de información en tiempo real, creando un flujo constante entre los consumidores, productores y operadores del sistema eléctrico. Esta capacidad de adaptarse, casi en tiempo real, a las fluctuaciones impredecibles de la demanda y la oferta energética convierte a las redes inteligentes en una pieza esencial para el futuro de la gestión energética (Hernández et al., 2023). Más allá de esto, incorporan tecnologías de monitoreo y autodiagnóstico que no solo mitigan fallas, sino que incrementan la resiliencia del sistema, ofreciendo una protección integral ante posibles interrupciones (Oruño Mamani, s.f.).

Componentes Tecnológicos Clave

La estructura de las redes inteligentes se cimienta sobre un conjunto de elementos tecnológicos esenciales que funcionan en sinergia para garantizar una operatividad óptima y flexible. Entre estos, destacan algunos de los más sobresalientes:

1. **Sensores inteligentes:** Dispositivos altamente sofisticados que proporcionan datos en tiempo real acerca del estado de la red. Monitorean variables críticas como niveles de tensión, corriente y potencia, permitiendo la identificación y resolución de problemas antes de que impacten al suministro eléctrico. Este monitoreo preventivo es fundamental para la estabilidad del sistema (Antonio et al., s.f.).
2. **Medidores avanzados (Smart meters):** Más allá de ser simples dispositivos de medición, estos medidores permiten a los usuarios gestionar su consumo energético en tiempo real. A través de una interfaz intuitiva, los consumidores pueden ajustar su comportamiento, mientras que las compañías eléctricas utilizan estos datos para detectar y corregir anomalías en el consumo, como pérdidas técnicas o no técnicas, mejorando significativamente la eficiencia operativa (Anchundia et al., 2020).
3. **Sistemas de gestión energética:** Son las mentes que orquestan el vasto flujo de datos generados por sensores y medidores. Estos sistemas de software analizan meticulosamente la información recogida, optimizando la distribución de la energía y facilitando la integración de fuentes renovables intermitentes, como la solar y la eólica, dentro del sistema eléctrico. La capacidad de coordinar eficientemente la entrada de energía renovable es uno de los mayores desafíos, y a su vez, una de las mayores promesas de las redes inteligentes (Belén et al., s.f.).

Este conjunto de componentes no solo redefine la forma en que interactuamos con la energía, sino que permiten a las redes inteligentes no solo adaptarse a las condiciones actuales, sino anticiparse a los retos del futuro energético.

El Rol Transformador de las Redes Inteligentes en la Transición Energética

En medio de la imparable marcha hacia un futuro energético más limpio y sostenible, las redes inteligentes emergen como una pieza clave, casi como el puente entre la obsolescencia de los sistemas tradicionales y la vanguardia tecnológica de la energía del mañana. La asombrosa capacidad de estas redes para integrar y gestionar de manera eficiente las fuentes de energía renovable no solo promueve una descarbonización profunda del sector eléctrico, sino que redefine las bases de lo que entendemos por sostenibilidad energética. Al reducir las pérdidas técnicas y, al mismo tiempo, facilitar respuestas ultra rápidas ante los picos de demanda, las redes inteligentes ofrecen una eficiencia sin precedentes (Gómez, 2020).

Este enfoque integral no solo es una jugada estratégica en la batalla contra el cambio climático, sino que al mismo tiempo aumenta la seguridad energética. La diversificación de las fuentes de energía a través de la incorporación de energías renovables disminuye drásticamente la dependencia de los combustibles fósiles, proporcionando una red más robusta y resiliente frente a las fluctuaciones del mercado global de energía.

Pero los beneficios de las redes inteligentes no se limitan únicamente a la esfera medioambiental. Al ser catalizadores de la innovación tecnológica, estas redes impulsan la creación de ciudades inteligentes, donde la infraestructura energética se convierte en un pilar esencial para el bienestar ciudadano y la sostenibilidad urbana. Así, las redes inteligentes no solo transforman el panorama energético, sino que, al integrar la tecnología de manera armónica, facilitan el desarrollo de comunidades más sostenibles y tecnológicamente avanzadas (Álvarez, 2023; Martínez, 2022).

El Rol Crucial de la Electrónica en la Revolución de las Redes Inteligentes

En el fascinante y vertiginoso mundo de las redes inteligentes, la electrónica emerge como el pilar fundamental que sustenta su funcionamiento, permitiendo una gestión energética más ágil, precisa y eficiente. Los sensores inteligentes y dispositivos de medición avanzada son, sin lugar a dudas, los centinelas de estas redes, proporcionando un monitoreo en tiempo real de parámetros críticos como voltaje, corriente, frecuencia y temperatura en los puntos más cruciales de la red. Con una precisión impresionante, estos sensores generan datos altamente confiables que permiten detectar anomalías antes de que se conviertan en problemas graves, posibilitando decisiones informadas y rápidas para optimizar el flujo de energía (Hernández et al., 2023). Los medidores inteligentes, por ejemplo, no se limitan a registrar el consumo de energía; su capacidad de identificar patrones de uso permite a los consumidores ajustar su demanda y a las empresas eléctricas aplicar tarifas dinámicas, ajustando la oferta a la demanda en tiempo real (Oruño, s.f.).

En paralelo, los controladores y sistemas embebidos juegan un rol vital en la automatización y gestión de los componentes más críticos de la red. Estos sistemas no solo permiten la coordinación de interruptores automáticos y transformadores, sino que también hacen posible la integración de soluciones de respuesta automática a la demanda, ajustando la oferta eléctrica en función de las necesidades de los usuarios y manteniendo la estabilidad de la red frente a la fluctuación inherente de fuentes renovables como la solar y la eólica (Antonio et al., s.f.).

Lo más emocionante es que los avances recientes en electrónica están llevando el rendimiento de las redes inteligentes a niveles insospechados. Sensores basados en el Internet de las Cosas (IoT)

están revolucionando la conectividad, permitiendo una interacción más fluida y un intercambio de datos en tiempo real entre nodos de la red, mejorando la capacidad predictiva y optimizando la operación (Álvarez, 2023). Además, la electrónica de potencia avanzada, como inversores de alta eficiencia y convertidores de frecuencia elevada, está potenciando la integración de fuentes renovables, lo que facilita una mejor incorporación de energías limpias a la red (Gómez, 2020). Finalmente, la inteligencia artificial y los sistemas de control con aprendizaje automático están transformando la gestión de las redes, permitiendo identificar patrones complejos y optimizar procesos operativos en tiempo real, garantizando una red más robusta y sostenible (Erazo, 2024). Estos avances permiten que las redes inteligentes enfrenten con éxito los desafíos de la transición energética, ofreciendo un suministro eléctrico más confiable, eficiente y adaptado a las exigencias del futuro.

Telecomunicaciones: El Corazón Latente de la Conectividad Energética

Las telecomunicaciones, con su capacidad transformadora, se han convertido en el hilo conductor que entrelaza los sistemas eléctricos del futuro. En un mundo donde los datos fluyen como corriente eléctrica, tecnologías de vanguardia como el Internet de las Cosas (IoT) y las redes 5G han reconfigurado radicalmente la forma en que las redes inteligentes operan. El IoT, ese gigantesco ecosistema de dispositivos interconectados, permite que elementos esenciales como medidores inteligentes, sensores y actuadores recopilen, procesen y compartan información al instante, facilitando un monitoreo y control dinámico que optimiza el rendimiento y la fiabilidad de la red eléctrica (Álvarez, 2023). Por otro lado, la infraestructura 5G, con su capacidad de ofrecer velocidades ultrarrápidas, latencias mínimas y un ancho de banda monumental, hace posible la gestión en tiempo real de grandes volúmenes de datos, cruciales para las aplicaciones que requieren precisión y rapidez en su procesamiento (Anchundia et al., 2020).

Sin embargo, la magia de esta interconexión digital no está exenta de desafíos. Uno de los mayores obstáculos que enfrenta la telecomunicación en el ámbito de las redes inteligentes es la interoperabilidad. Lograr que dispositivos de diferentes fabricantes puedan comunicarse sin fricciones es un reto técnico monumental, y requiere la creación de estándares universales que aseguren la eficiencia en esta interacción (Cajamarca & Peñaloza, 2023). Además, con el auge de la digitalización, surge la sombra de la ciberseguridad, un desafío que se hace cada vez más crítico. La interconexión de la infraestructura energética la hace vulnerable a amenazas cibernéticas como accesos no autorizados o ataques maliciosos, lo que exige el diseño e implementación de

mecanismos de protección robustos, garantizando la integridad de los datos y la infraestructura misma (Páez, 2023).

En cuanto a ejemplos concretos, algunas ciudades pioneras han tomado la delantera en la integración de telecomunicaciones en las redes inteligentes. Barcelona y Medellín, dos faros de innovación, han logrado incorporar sensores avanzados y sistemas de comunicación de última generación para crear smart grids que no solo optimizan la distribución de energía, sino que también gestionan los recursos de manera más eficiente y sostenible. Estos modelos no son solo un testimonio del poder de las telecomunicaciones, sino también de la visión de un futuro donde la inteligencia de la red eléctrica y la conectividad se fusionan para crear entornos urbanos más resilientes y sostenibles (Martínez, 2022).

Sinergias Tecnológicas: Un Ecosistema de Innovación Energética

El entrelazamiento de las tecnologías de electrónica y telecomunicaciones ha generado un nuevo paradigma para la evolución de las redes eléctricas, un crisol donde se gestan soluciones poderosas y disruptivas. Imagina sensores electrónicos, que, cual centinelas digitales, monitorean el pulso eléctrico, trabajando en armonía con redes de telecomunicaciones, enviando datos a través de la malla global de información hacia el cerebro central de la red. Allí, estos datos se procesan en tiempo real, alimentando decisiones estratégicas que redefinen el flujo energético en el instante exacto de necesidad (Moreno & de Cali, s.f.). Este flujo sinérgico de información y acción no solo automatiza, sino que optimiza procesos vitales como la redistribución energética durante picos de demanda o frente a fallas imprevistas, creando un sistema que aprende, se adapta y responde con una eficiencia asombrosa (Gómez, 2020).

La convergencia de estas disciplinas, lejos de ser una simple integración tecnológica, es una orquestación de elementos que amplifican la resiliencia y la adaptabilidad de la red. Gracias a esta unión, las redes inteligentes se convierten en sistemas flexibles, capaces de abrazar las inconstantes y erráticas fuentes renovables, como la solar y la eólica. Al integrar estas fuentes, las redes no solo ganan en eficiencia, sino que reducen las emisiones de carbono y la dependencia de fuentes tradicionales y contaminantes, encarnando un futuro más limpio y sostenible (Belén et al., s.f.).

Para el usuario final, esta revolución tecnológica no se queda en las entrañas del sistema eléctrico; se filtra hacia el día a día, trayendo consigo servicios más confiables, accesibles y, sobre todo, más económicos. Con la implementación de medidores inteligentes, cada consumidor se convierte en gestor de su propio consumo energético, monitoreando en tiempo real a través de dispositivos

móviles. Esta autonomía no solo fomenta una mayor conciencia energética, sino que empodera a los usuarios para optimizar su consumo, reduciendo costos y maximizando el uso eficiente de los recursos (Oruño, s.f.). La simbiosis entre electrónica y telecomunicaciones, en última instancia, redefine la relación entre los consumidores y su energía, haciendo de la eficiencia una herramienta tanto técnica como cotidiana.

Desafíos Complejos en la Implementación de Redes Inteligentes: Un Juego de Superación Tecnológica y Económica

Las redes inteligentes, que prometen una reconfiguración radical de la gestión energética global, se encuentran atrapadas en un laberinto de obstáculos tecnológicos que dificultan su expansión masiva. Aunque los sensores y sistemas de medición avanzada son la columna vertebral de la monitorización en tiempo real, su adopción masiva sigue siendo una utopía lejana debido a sus costos prohibitivos. Este obstáculo económico se amplifica cuando se suman las limitaciones inherentes a las redes de comunicación, que deben lidiar con la capacidad y latencia, especialmente en regiones rurales, donde la infraestructura apenas está preparada para un salto de tal magnitud (Hernández et al., 2023). No es solo la tecnología la que tropieza; la infraestructura eléctrica tradicional, anclada en el pasado, también pone barreras al futuro, incapaz de integrar eficientemente las tecnologías emergentes como el IoT y las fluctuantes fuentes renovables (Mesa, 2022).

A nivel regulatorio, el terreno es igualmente incierto y escabroso. La creación de un marco normativo que impulse la inversión, garantice la interoperabilidad tecnológica y proteja la seguridad de los datos sigue siendo un desafío colosal. Las políticas públicas en muchos países no avanzan al mismo ritmo que las tecnologías, creando una brecha que deja a las redes inteligentes atrapadas en una paradoja de innovación sin respaldo estructural. Este desfase se ve acentuado por un problema económico aún más profundo: el acceso al financiamiento. En mercados emergentes, las empresas se enfrentan a una lucha constante para conseguir los recursos necesarios para llevar a cabo proyectos de gran envergadura, lo que limita el alcance de las redes inteligentes a escalas más pequeñas y locales (Erazo, 2024).

Pero más allá de los aspectos tecnológicos y económicos, la sostenibilidad emerge como otro reto apremiante. Adoptar redes inteligentes no solo implica un avance en eficiencia y control, sino también una cuidadosa gestión de los impactos ambientales que surgen de la producción de

componentes electrónicos y el desecho de dispositivos obsoletos. Aquí, el equilibrio es clave: se debe promover la eficiencia energética y la reducción de las emisiones de carbono sin sacrificar la sostenibilidad del ciclo de vida de los dispositivos que lo hacen posible (Rodríguez, 2021). En definitiva, la implementación de redes inteligentes no es solo un reto de innovación, sino un complejo juego de equilibrios entre tecnología, economía y medio ambiente.

Perspectivas Futuras: El Horizonte Impredecible de las Redes Inteligentes

Las redes inteligentes, como un ente vivo, están siendo modeladas y transformadas por tecnologías emergentes que desafían las fronteras de la innovación. La inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático, como cerebros digitales, predicen patrones complejos de consumo energético, optimizando la distribución con una precisión casi prescientífica. Por otro lado, el blockchain, esa arquitectura de confianza descentralizada, se erige como el guardián inquebrantable de la seguridad, asegurando transacciones y datos con una fiabilidad que redefine lo que entendemos por protección digital (Álvarez, 2023). Estas tecnologías no solo incrementan la eficiencia operativa, sino que también abren un abanico de posibilidades para diseñar experiencias personalizadas, donde cada usuario es el centro de un sistema que se adapta, aprende y responde a sus necesidades energéticas.

En los mercados emergentes, especialmente en los países en desarrollo, el panorama se vislumbra como una cantera por explotar, un terreno fértil para la expansión de redes inteligentes. Estos países, ansiosos por modernizar sus infraestructuras energéticas y manejar la creciente demanda, representan un caldo de cultivo perfecto para la adopción de estas innovaciones. Iniciativas piloto, especialmente en América Latina, ya han mostrado los destellos de lo que podría ser un futuro transformador: redes más sostenibles y resilientes, construidas sobre la base de estas nuevas tecnologías (Cambero, 2022). No obstante, la sombra de la falta de inversión y los obstáculos regulatorios sigue acechando, lo que mantiene a estos avances en una lucha constante contra las restricciones estructurales y políticas.

Mirando a un futuro más lejano, las redes inteligentes se proyectan hacia una autonomía nunca antes vista. Se convertirán en sistemas autónomos, capaces de autoajustarse, de aprender y adaptarse al entorno en tiempo real, con un grado de interconexión que parecería de otro mundo. En esta evolución, las fuentes de energía renovables, el almacenamiento distribuido y las tecnologías de gestión avanzada se fusionarán en una red unificada, creando un ecosistema energético no solo más eficiente y confiable, sino también respetuoso con el medio ambiente,

redefiniendo el concepto mismo de suministro energético (Gómez, 2020). Así, el futuro de las redes inteligentes se desvela ante nosotros como una promesa de un sistema eléctrico inteligente, resiliente y profundamente transformado.

Conclusiones: Un Futuro Incierto y Transformador para las Redes Inteligentes

Las redes inteligentes se erigen como los pilares sobre los cuales se construye la modernización del sistema eléctrico global, una estructura dinámica que se nutre de tecnologías de vanguardia como el IoT, 5G y sensores inteligentes. Estas redes no solo optimizan el suministro y consumo energético, sino que actúan como catalizadores para la incorporación de fuentes renovables, tejiendo un futuro más sostenible y resiliente, donde el flujo de energía se adapta a las exigencias del presente y las promesas del futuro.

La electrónica y las telecomunicaciones son los engranajes invisibles pero imprescindibles que impulsan este motor de cambio. Sensores avanzados, microcontroladores y sistemas de comunicación de alta velocidad, como el 5G, se combinan para monitorear y gestionar el flujo energético en tiempo real, una danza sincronizada que no solo maximiza la eficiencia, sino que también mitiga las pérdidas que de otro modo serían inevitables, ofreciendo una visión de un mundo energético más fluido y preciso.

Sin embargo, a pesar de este asombroso potencial, las redes inteligentes no están exentas de retos monumentales. La falta de infraestructura adecuada, los elevados costos de implementación y la carencia de marcos regulatorios sólidos en muchas naciones configuran barreras que amenazan con desacelerar su despliegue. Estos obstáculos demandan una acción concertada y visionaria entre gobiernos, empresas y comunidades, trabajando en un frente unido para garantizar que la transición hacia un futuro energético inteligente sea tanto viable como sostenible.

Los avances en inteligencia artificial, blockchain y aprendizaje automático se presentan como las llaves maestras para desbloquear el verdadero potencial de las redes inteligentes. Estas tecnologías emergentes no solo abren nuevas puertas, sino que proporcionan soluciones revolucionarias que pueden superar las limitaciones actuales. En mercados emergentes, donde las oportunidades y desafíos son tan vastos como el horizonte, estas innovaciones ofrecen un terreno fértil para modernizar sistemas eléctricos, reducir costos y elevar la calidad del servicio, apuntando hacia un futuro donde las redes sean autónomas y estén completamente interconectadas, transformando por completo la gestión energética global.

Referencias

- Álvarez, M. C. (2023). Las ciudades inteligentes, sostenibles y accesibles: Aplicación al marco jurídico europeo Smart, Sustainable and accessible cities: Application to the European legal framework. *Revista Universitaria Europea* N°, 38, 109-136.
- Anchundia-Morales, J. W., Anchundia-Morales, J. C., & Chere-Quiñonez, B. F. (2020). La tecnología 5G en el Ecuador. Un análisis desde los requerimientos 5G. *Polo del conocimiento*, 5(2), 805-822.
- Antonio, A. R. J., Cecilia, F. N., & Leonel, C. La trascendencia de la red eléctrica inteligente en la innovadora Industria 4.0.
- Belén, S. T. P., Alexis, B. L. R., & Andrés, M. A. C. SOSTENIBILIDAD Y CASAS INTELIGENTES: REDEFINIENDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA GESTIÓN DE RECURSOS. Instituto de Investigaciones Transdisciplinarias Ecuador, 159.
- Cajamarca Barrera, N. D. R., & Peñaloza Durán, M. A. (2023). Revisión de las políticas públicas desarrolladas en el contexto de ciudades inteligentes para Latinoamérica, basado en los lineamientos propuestos por las Naciones Unidas (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Camero Álvarez, M. C. (2022). Las ciudades inteligentes, sostenibles y accesibles: aplicación al marco jurídico europeo.
- Castillo, L. F. M., Abaunza, D. A., & Rodríguez, T. R. (2023). Formación de un derecho de la transición energética: Regulación de soluciones energéticas bajas en emisiones y economía circular. Universidad Externado.
- de La Fuente, A., Fernández, M., & Rodríguez, D. (2021). El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia: un resumen anotado. Fedea.
- Duque Escobar, G. (2021). Hacia la cuarta revolución tecnológica.
- Erazo Tayo, D. A. (2024). Análisis de la agenda de transformación digital del Ecuador: estudio y análisis de los aspectos técnicos y regulatorios de la agenda de transformación digital del Ecuador propuesta por el ministerio de telecomunicaciones y de la sociedad de la información–mintel.
- Gómez San Román, T. (2020). El sector eléctrico, pieza clave en la transición energética. Lección inaugural del curso académico 2020/2021.

- Hernández, M. P., Quintero, S. X. C., & Jiménez, J. D. M. (2023). Esquemas de Eficiencia Energética Usando Infraestructura de Medición Avanzada en Colombia para Demanda Concentrada. In Simposio Internacional sobre la Calidad de la Energía Eléctrica-SICEL (Vol. 11).
- Martínez, T. (2022). Ciudades inteligentes y conectividad digital. *Administración digital*, 285-310.
- Mesa Quintero, N. A. (2022). Perfil de liderazgo en los directivos y egresados de los programas de Ingeniería Eléctrica de Colombia: escenario de transformación del sector energético para el año 2030 (Doctoral dissertation, Universidad EAFIT).
- Moreno, J. C. M., & de Cali, S. PROYECTO EDUCATIVO DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES.
- Oruño Mamani, M. A. Estudio para la implementación de la medición inteligente en consumidores domiciliarios Caso: Empresa Distribuidora de Electricidad La Paz SA DELAPAZ (Doctoral dissertation).
- Páez Gil, J. E. (2023). Reforma del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas no Interconectadas (IPSE) al Instituto para la Transición Energética Justa (ITEJ).
- Pardo, M. F. M., Rico, A. P. G., & Roldan, P. B. (2024). Anuario iberoamericano de derecho minero. VIII: Minería y transición energética. Universidad Externado.
- Pinilla, I. A. (2024). Ciudades inteligentes: una propuesta de inclusión de los ciudadanos hacia la idea de "ciudad humana". *Cadernos de Derecho Actual*, (24), 317-332.
- Rodríguez, F. G. M. (2021). Transición ecológica y desarrollo rural: algunas propuestas integradoras en el camino hacia una sinergia necesaria y mutuamente beneficiosa de ambas políticas públicas. ARANZADI/CIVITAS.