



Estrategias para el Aprovechamiento de Energías Renovables en Colombia y su Liderazgo Geopolítico Andino al 2030

Mayor (EJC) Calderón Cárdenas Ricardo

Artículo para optar al título profesional:

Magister en Estrategia y Geopolítica

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"
Bogotá D.C., Colombia
2024

DATOS GENERALES	
Nombre del estudiante	: Calderón Cárdenas Ricardo
Identificación	: 7220388
Programa académico	: Maestría en Estrategia y Geopolítica
Tutor metodológico	: DO. Paola Alexandra Sierra Zamora
Tutor temático	: My. German Alberto Gasca Ariza
Fecha de entrega	: 25/09/2024
Extensión	: 9.336 palabras

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS

El autor declara que este artículo fue escrito de acuerdo con la normatividad de la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto” (ESDEG) y no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con este. Las posturas y aseveraciones presentadas son resultado de un ejercicio académico e investigativo que no representan la posición oficial ni institucional de la ESDEG, las Fuerzas Militares de Colombia o el Ministerio de Defensa Nacional.

Este artículo es enteramente mi propio trabajo y no ha sido presentado para la obtención de un título en esta u otra Institución de Educación Superior. Se han referenciado todos los trabajos y puntos de vista de otros autores, así como los datos de otras fuentes utilizadas. No se emplearon herramientas de generación de contenido por Inteligencia Artificial para su elaboración.

El autor acepta ceder los derechos de publicación en favor de la ESDEG y su Sello Editorial de acuerdo con los términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

El autor **autoriza** que este artículo sea publicado por el Sello Editorial ESDEG en su repositorio institucional y esté disponible bajo una modalidad de acceso abierto.

Estrategias para el Aprovechamiento de Energías Renovables en Colombia y su Liderazgo Geopolítico Andino al 2030

Strategies for the Use of Renewable Energies in Colombia and its Andean Geopolitical Leadership to 2030

Calderón Cárdenas Ricardo¹

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Resumen: Este estudio, basado en una metodología descriptiva con enfoque cualitativo, busca determinar cómo Colombia debe optimizar sus recursos renovables para fortalecer su posición energética y liderar la integración eléctrica andina hacia 2030. Por lo cual, se pretende responder a la siguiente pregunta de investigación ¿Cuáles son las principales estrategias que debe adoptar Colombia para aprovechar el potencial de las energías renovables en su matriz eléctrica nacional, de cara a garantizar su seguridad energética y ejercer liderazgo geopolítico en la integración eléctrica de la región Andina al 2030? Los hallazgos y conclusiones permiten concluir que Colombia debe adoptar estrategias de diversificación energética, fortalecimiento de infraestructura, cooperación regional y armonización normativa para aprovechar su potencial en energías renovables, garantizar su seguridad energética y liderar la integración eléctrica en la región Andina hacia 2030.

Palabras clave: Energías renovables; Seguridad energética; Geopolítica; Integración eléctrica; Región Andina.

Abstract: This study, based on a descriptive methodology with a qualitative approach, seeks to determine how Colombia should optimize its renewable resources to strengthen its energy position and lead the Andean electricity integration towards 2030. Therefore, it seeks to answer the following research question: What are the main strategies that Colombia should adopt to take advantage of the potential of renewable energies in its national electricity matrix, in order to guarantee its energy security and exercise geopolitical leadership in the Andean region's electricity integration by 2030? The findings and conclusions lead to the conclusion that Colombia should adopt strategies for energy diversification, infrastructure strengthening, regional cooperation and regulatory harmonization to take advantage of its renewable energy potential, guarantee its energy security and lead the electric integration in the Andean region by 2030.

Keywords: Renewable energy; Energy security; Geopolitics; Electrical integration; Andean region.

¹ Mayor del Ejército Nacional de Colombia. Candidato a magíster en estrategia y geopolítica, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Profesional en Ciencias Militares, Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, Colombia. <https://orcid.org/0009-0007-9151-0338>- Contacto: ricardo.calderon@esdeg.edu.co.

Introducción

La seguridad energética se ha convertido en un tema central en la agenda global, regional y nacional debido a su carácter estratégico para el desarrollo sostenible. Colombia enfrenta el desafío de garantizar un abastecimiento confiable y sostenible de energía para soportar su crecimiento. En este contexto, la transición hacia fuentes renovables emerge como una vía que puede fortalecer la seguridad energética. Si bien el país ha avanzado en incentivos a renovables, su participación en la matriz eléctrica nacional alcanza el 23% (UPME, 2019), por ello, se requieren estrategias claras para acelerar esta transición, tales como el fortalecimiento de políticas regulatorias que faciliten la inversión en energías limpias, la diversificación de la matriz energética con un mayor enfoque en energías eólica y solar, y la implementación de proyectos de infraestructura que mejoren la integración de estas fuentes en el sistema eléctrico nacional (Gómez, 2020).

En la coyuntura actual, la transición energética global hacia fuentes renovables ha tomado un papel preponderante en las agendas nacionales e internacionales. Según el Informe de Renovables 2022 de la Agencia Internacional de Energía Renovable (AIE), durante el año 2021 la capacidad instalada de generación renovable en el mundo aumentó en un 9,1%, alcanzando los 3.064 GW (AIE, 2022). Este crecimiento sostenido responde a factores como la urgencia por mitigar el cambio climático, la creciente demanda energética y la búsqueda de independencia y seguridad energética, especialmente después de los impactos geopolíticos derivados de la invasión rusa a Ucrania. Estos eventos resaltaron la vulnerabilidad de depender de fuentes energéticas externas, lo que ha llevado a muchos países, incluida Colombia, a acelerar la transición hacia fuentes renovables para reducir su exposición a las

fluctuaciones del mercado internacional y garantizar un suministro energético más estable y seguro (Espinell-Bermúdez, 2023).

En este contexto, de acuerdo con lo expuesto por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), Colombia tiene un enorme potencial para diversificar su matriz energética con fuentes renovables no convencionales como la solar, la eólica y la geotérmica, complementando así su tradicional preponderancia hidroeléctrica que actualmente representa cerca del 70% de la generación total (UPME, 2024).

Así pues, la matriz eléctrica colombiana evidencia una fuerte dependencia de la generación hidroeléctrica, representando un 67% del total producido en 2019 (UPME, 2019). Dicha concentración representa una vulnerabilidad ante fenómenos climáticos extremos, los cuales comprometen sustancialmente la producción de electricidad hidráulica, forzando costosas importaciones (Rincón, 2020).

Frente a este panorama de riesgo, países vecinos en la región Andina como Perú y Ecuador se encuentran activamente diversificando sus matrices eléctricas mediante la adopción de fuentes renovables no convencionales (Viviescas et al., 2019). Ante esta situación, resulta prioritario que Colombia aborde el desafío de robustecer el abastecimiento interno, mitigando dependencias que amenazan tanto la seguridad energética como competitividad nacional, con externalidades negativas a nivel regional (Rueda-Bayona et al., 2019).

Adicionalmente, de acuerdo con lo planteado por Del Valle (2016), Colombia cuenta con un potencial significativo para situarse como líder regional en materia de despliegue de

energías renovables entre las economías emergentes de América Latina. La materialización de dicha posición de liderazgo tendría efectos derivados positivos a nivel geopolítico, en la medida que países vecinos en la región igualmente aceleren sus respectivas transiciones hacia matrices eléctricas bajas en carbono (Amórtegui-Rodríguez, 2022). De ello se desprende la relevancia de investigar el papel que podrían desempeñar estas fuentes renovables dentro de la matriz eléctrica nacional en el corto y mediano plazo, así como sus implicaciones en términos de integración energética regional.

En tal sentido, el abordaje de esta temática permite determinar los principales desafíos y oportunidades a ser enfrentados por Colombia para formular e implementar estrategias efectivas, garantizando así su seguridad energética de cara al 2030. Paralelamente, ello facilita tener información relevante para permitir al país posicionarse como un actor geopolítico relevante en materia de transición energética a nivel regional. Cumpliendo este rol de liderazgo, Colombia podría convertirse en un referente para otras naciones emergentes en América Latina que se encuentran transitando procesos similares de transformación de sus respectivos sectores eléctricos.

La investigación se sustenta teóricamente en los planteamientos de Daniel Yergin, quien destaca la seguridad energética como un componente fundamental para la protección y resiliencia de la matriz energética de los Estados (Yergin, 2002). Según Yergin, la seguridad energética se logra a través de tres pilares esenciales: la diversificación de fuentes energéticas, la gestión proactiva de riesgos y la sostenibilidad ambiental. Estos elementos se interrelacionan para garantizar que un país pueda satisfacer sus necesidades energéticas sin comprometer su estabilidad económica ni su desarrollo sostenible a largo plazo. En el

contexto colombiano, esta teoría proporciona un marco conceptual adecuado para analizar las estrategias que permitirán al país no solo fortalecer su seguridad energética, sino también ejercer un liderazgo geopolítico en la integración eléctrica de la región Andina al 2030. En este sentido, la diversificación de la matriz eléctrica con fuentes renovables y la adopción de políticas que aseguren una transición energética sostenible son clave para posicionar a Colombia como un actor estratégico en la región.

Ahora bien, dada la creciente importancia de las energías renovables en el contexto global y regional, surge la necesidad de analizar las estrategias que debe adoptar Colombia para aprovechar su potencial en este ámbito. Un mayor desarrollo de fuentes renovables en la matriz eléctrica nacional no solo contribuiría a la sostenibilidad ambiental y la mitigación del cambio climático, sino que también fortalecería la seguridad energética del país y abriría oportunidades geopolíticas en la integración eléctrica regional andina. En este sentido, la presente investigación busca responder la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las principales estrategias que debe adoptar Colombia para aprovechar el potencial de las energías renovables en su matriz energética nacional, de cara a garantizar su seguridad energética y ejercer liderazgo geopolítico en la integración eléctrica de la región Andina al 2030?

En tal sentido, se desarrolla el presente estudio con el objetivo general de determinar las estrategias en seguridad energética para el aprovechamiento de oportunidades geopolíticas de Colombia en fuentes renovables hacia su integración y liderazgo regional andino en 2030. Los objetivos específicos planteados buscaron definir el estado actual y proyecciones de la matriz energética colombiana, en cuanto a participación de fuentes convencionales y renovables para la generación de electricidad, seguido del análisis de los

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

requerimientos en materia de seguridad energética nacional ante el incremento de energías renovables no convencionales en el sector eléctrico colombiano, y finalizando la definición de estrategias viables para que Colombia lidere la integración eléctrica en la región Andina, promoviendo agendas comunes de transición renovable basada en recursos hídricos y nuevas renovables de cara al 2030.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un enfoque cualitativo faseado basado en una revisión documental: El enfoque cualitativo maneja la recolección de datos sin medición numérica para afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación (Hernández et al. 2010, p7). Este enfoque permitió analizar y sintetizar información relevante de fuentes secundarias, como informes gubernamentales, estudios académicos y documentos de organizaciones internacionales, para explorar y describir las estrategias energéticas renovables en Colombia y en la región Andina.

El tipo de investigación fue exploratorio-descriptivo, toda vez que se buscó comprender y describir en detalle las políticas, programas y acciones relacionadas con las energías renovables en Colombia y en la región, así como identificar los principales desafíos y oportunidades para su implementación. Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura existente para obtener una visión completa y actualizada de la situación energética en la región, y se utilizarán herramientas de análisis cualitativo para interpretar y contextualizar los datos recopilados.

La investigación se fundamenta en cuatro periodos como se describe a continuación:

1. **Levantamiento de información y filtrado:** El levantamiento de información se realizó mediante una búsqueda bibliográfica en bases de datos especializadas y el Sistema de Información de Bibliotecas de la Fuerza Pública (SIBFuP), utilizando palabras clave con operadores booleanos. Posteriormente, se llevó a cabo un filtrado de trabajos de investigación y artículos de revistas indexadas en bases de datos tales como Scopus, Web of Science, JSTOR y ScienceDirect, para definir los que aportan y son relevantes para este estudio.
2. **Estado actual y proyecciones de matriz eléctrica:** En esta fase se recopiló y analizó información de fuentes oficiales como la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), el Ministerio de Minas y Energía, y el Operador Nacional de Energía (XM). Se examinaron los datos estadísticos sobre la capacidad instalada y la generación eléctrica por tipo de fuente, así como los planes y escenarios prospectivos para la incorporación de energías renovables no convencionales en la matriz energética nacional.
3. **Requerimientos en seguridad energética:** Se revisaron estudios y documentos técnicos que abordan los desafíos y oportunidades asociados a la integración de estas fuentes renovables variables en el sistema eléctrico nacional. Se examinaron aspectos como la necesidad de reforzar y modernizar la infraestructura de transmisión y distribución, el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía, la implementación de mecanismos de respaldo y regulación, y el fortalecimiento de la gestión de la demanda.
4. **Estrategias para integración eléctrica de Colombia:** Se analizaron iniciativas y proyectos de interconexión eléctrica regional, así como las políticas y marcos

regulatorios existentes en los países andinos. Además, se examinaron los recursos renovables disponibles en la región y las oportunidades de complementariedad energética, con el fin de identificar estrategias para impulsar una agenda común de transición renovable, aprovechando las fortalezas y ventajas comparativas de Colombia en este ámbito.

Estado actual y proyecciones de la matriz energética colombiana

Colombia cuenta con un importante potencial para diversificar su matriz eléctrica mediante la incorporación de fuentes renovables no convencionales, complementando así su tradicional fortaleza en la generación hidroeléctrica (Reyes Gil et al., 2023). En este sentido, resulta fundamental definir el estado actual y las proyecciones de la matriz eléctrica colombiana, analizando la participación de las distintas fuentes convencionales y renovables en la generación de electricidad.

A continuación, se revisa la composición actual de la matriz, el potencial de recursos renovables disponibles en el país y las proyecciones para la incorporación de estas energías limpias. Esta caracterización permite comprender los avances alcanzados y los desafíos pendientes en la transición hacia una matriz energética más diversificada y sostenible.

Composición actual de la matriz energética colombiana

La matriz energética de Colombia se ha caracterizado históricamente por una preponderancia de la generación hidroeléctrica, aprovechando el valioso recurso hídrico del país (Ramírez Fernández, 2023). No obstante, en las últimas décadas se ha dado una creciente participación

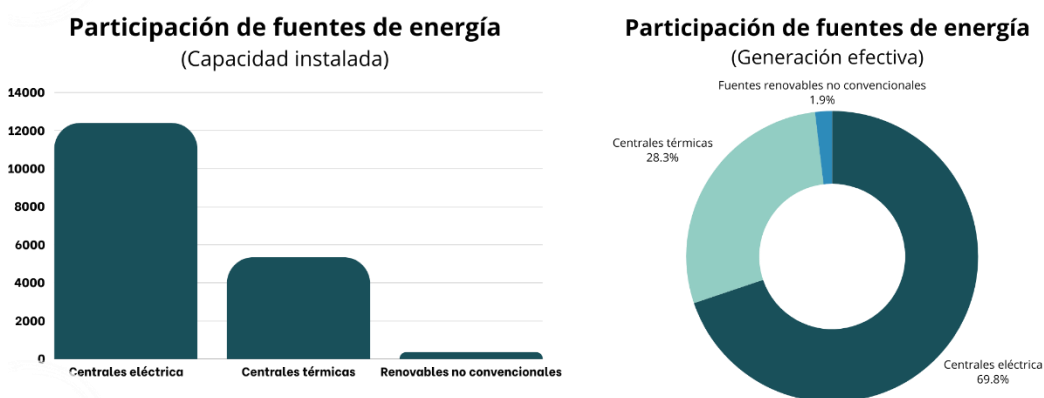
de otras fuentes convencionales como las centrales térmicas a gas natural y carbón, con el fin de garantizar la confiabilidad y respaldo del sistema eléctrico nacional.

Del mismo modo, aunque de manera incipiente, se han incorporado algunas fuentes renovables no convencionales como la energía eólica, solar y a partir de biomasa (Forero, 2023). Si bien este es un avance positivo hacia la diversificación de la matriz energética, la participación aún limitada de estas fuentes subraya la necesidad de fortalecer su desarrollo. Esto es clave para incrementar la resiliencia del sistema eléctrico nacional y reducir la dependencia de fuentes convencionales, contribuyendo así a una mayor sostenibilidad y seguridad energética en el país. En esta sección, se detalla la composición actual de la matriz eléctrica colombiana, analizando la capacidad instalada y la generación eléctrica por tipo de fuente.

Participación de fuentes convencionales

Las fuentes convencionales térmicas e hidroeléctricas juegan un papel predominante en la generación de electricidad en Colombia. En la Figura 1 se presenta la participación de estas fuentes en capacidad instalada (MW) y generación efectiva:

Figura 1. Participación de generación de energía



Fuente: (UPME, 2024) (UPME, 2023).

La información presentada sobre la capacidad instalada y la generación efectiva de electricidad en Colombia resalta la dependencia significativa del país en fuentes convencionales, especialmente hidroeléctricas y térmicas. Esta dependencia demuestra la importancia de estas fuentes en la matriz energética actual, y subraya el desafío de diversificar la generación hacia fuentes renovables no convencionales, cuya participación sigue siendo marginal. A través de los datos presentados en la Figura 1 se visualiza la necesidad urgente de equilibrar la matriz energética para garantizar una mayor seguridad y sostenibilidad en el suministro de energía a largo plazo.

Así las cosas, a pesar del predominio de las fuentes convencionales en la actualidad, el Gobierno se ha trazado metas ambiciosas para diversificar la canasta energética e incrementar la participación de fuentes renovables no convencionales en la matriz eléctrica, en línea con los objetivos globales de descarbonización (UPME, 2024).

No obstante, la transformación de la matriz tomará tiempo y requerirá inversiones sustanciales en nueva infraestructura de generación y redes eléctricas inteligentes. El propósito de incluir esta información es contextualizar la situación actual de la matriz energética colombiana, evidenciando las limitaciones en la adopción de energías renovables no convencionales. La baja participación de estas fuentes en comparación con las centrales hidroeléctricas y térmicas refleja la necesidad de implementar políticas y estrategias más agresivas que impulsen su crecimiento. Esto no solo es crucial para la diversificación energética, sino también para aumentar la resiliencia frente a las variabilidades climáticas y las fluctuaciones en el suministro de combustibles fósiles, permitiendo a Colombia avanzar hacia un futuro energético más sostenible y seguro.

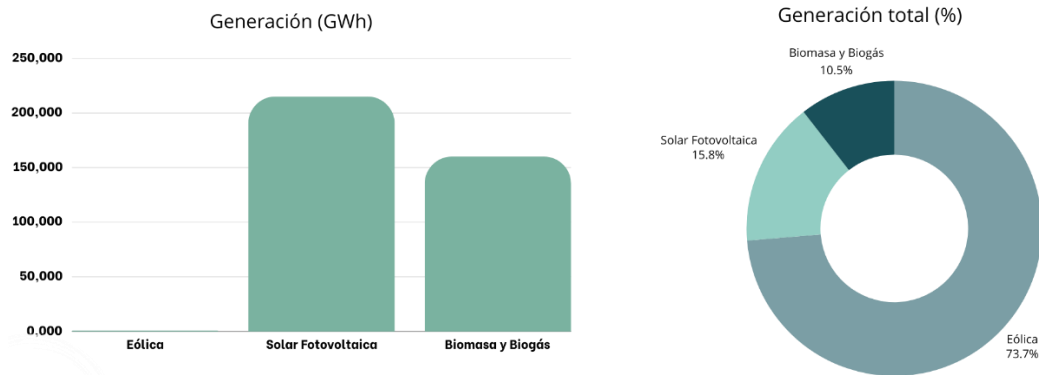
Participación de fuentes renovables no convencionales

En la actualidad, la contribución de las fuentes renovables no convencionales a la generación eléctrica en Colombia es aún incipiente (Robayo, 2023). Al cierre de 2022 la capacidad efectiva neta instalada de estas fuentes ascendía a 359 MW, lo que representa apenas el 2% de la capacidad total instalada en el país. De esta capacidad, 212 MW corresponden a centrales eólicas, 113 MW a plantas solares fotovoltaicas y 34 MW a generación con biomasa y biogás (UPME, 2023).

Por su parte, la energía geotérmica aún no se ha incorporado a la matriz, lo cual evidencia una oportunidad desaprovechada. Esto es preocupante, dado que la geotermia podría diversificar aún más la matriz energética y ofrecer una fuente de energía limpia, estable y con potencial para mejorar la seguridad energética. La baja participación de fuentes renovables no convencionales subraya la necesidad de acelerar la implementación de estas tecnologías para alcanzar los objetivos de sostenibilidad y reducir la dependencia de fuentes convencionales.

No obstante, es importante resaltar que durante 2022 la generación con fuentes renovables no convencionales registró un aumento significativo respecto a años anteriores. En la Figura 2 se muestra la generación de Energía con Fuentes Renovables No Convencionales en Colombia durante 2022:

Figura 2. Generación de Energía con Fuentes Renovables No Convencionales en Colombia durante 2022



Fuente: (UPME, 2024)

Aunque estas fuentes representaron solo el 1.9% de la generación eléctrica total del país, su aumento progresivo es un indicativo del potencial de estas tecnologías. Este crecimiento, aunque incipiente, sugiere una tendencia positiva hacia la diversificación de la matriz energética, pero también subraya la necesidad de continuar fortaleciendo su participación para reducir la dependencia de fuentes convencionales y aumentar la resiliencia energética de Colombia.

En los próximos años, de acuerdo con Forero (2023) se espera una mayor penetración de las energías renovables no convencionales en la matriz eléctrica colombiana. De acuerdo con UPME (2023), hay proyectos eólicos y solares fotovoltaicos en construcción que sumarán cerca de 1.400 MW adicionales a la capacidad instalada. Además, se estima un gran potencial por desarrollar en regiones como la Guajira, Cesar, La Paz, y San Andrés para proyectos eólicos y solares, lo que sugiere que estas áreas serán clave para la expansión de las energías renovables en el país.

Esta información subraya la importancia estratégica de estas regiones para consolidar la transición energética de Colombia, diversificando su matriz eléctrica y aumentando su seguridad energética. El desarrollo de estos proyectos en zonas con alto potencial permitirá no solo incrementar la capacidad instalada, sino también fortalecer la resiliencia energética del país y reducir su dependencia de fuentes convencionales.

Capacidad instalada y generación eléctrica por tipo de fuente

En este aspecto, al cierre de marzo de 2023 la capacidad efectiva neta total instalada en el Sistema Interconectado Nacional era de 18.117 MW. Como se mencionó anteriormente, la fuente predominante es la hidroeléctrica con 12.410 MW instalados, lo que representa el 68,5% del total. Le siguen las centrales térmicas a gas natural con 3.656 MW (20,2%); las térmicas a carbón con 1.500 MW (8,3%); las plantas eólicas con 212 MW (1,2%); las solares fotovoltaicas con 113 MW (0,6%) y finalmente las de cogeneración con biomasa y biogás con 226 MW (1,2%) (UPME, 2024).

En cuanto a la generación de energía eléctrica durante 2022, el total ascendió a 73.183 GWh. La principal fuente fue la hidroeléctrica con 51.642 GWh generados, representando el 70,5% del total nacional. Las plantas térmicas a gas natural aportaron 17.172 GWh (23,5%); las centrales a carbón 2.695 GWh (3,7%); la cogeneración con biomasa y biogás 160 GWh (0,2%); las eólicas 1.028 GWh (1,4%) y finalmente las solares fotovoltaicas con 215 GWh (0,3%) (UPME, 2024).

Es importante resaltar que la alta participación hidroeléctrica en la generación de 2022 (70,5%) superó su capacidad instalada (68,5%) debido a las favorables condiciones hidrológicas registradas. En períodos de menores aportes hídricos se requiere una mayor

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

generación termoeléctrica. Por su parte, aunque incipientes, las fuentes renovables no convencionales (eólica, solar, biomasa) han comenzado a ganar participación en la matriz con el desarrollo de nuevos proyectos, lo que revela la dependencia significativa de Colombia en la hidroelectricidad.

Sin embargo, esta dependencia también destaca la vulnerabilidad del sistema eléctrico ante variaciones climáticas, que en años de sequía podrían requerir un aumento en la generación termoeléctrica, con sus correspondientes implicaciones económicas y ambientales. Aunque aún en etapas iniciales, la creciente participación de fuentes renovables no convencionales como la eólica, solar y biomasa refleja un cambio positivo hacia una mayor diversificación de la matriz energética. Este desarrollo es clave para reducir la dependencia de las fuentes hidroeléctricas y térmicas, y avanzar hacia un sistema más resiliente y sostenible, capaz de enfrentar variaciones en las condiciones hídricas y fortalecer la seguridad energética del país.

Potencial de recursos renovables en Colombia

Colombia es un país privilegiado en cuanto a la disponibilidad de recursos naturales para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía. Gracias a su ubicación geográfica en la zona ecuatorial y tropical, cuenta con un alto potencial para el desarrollo de energías solar, eólica, geotérmica, así como de biomasa (Andrade & Cardona, 2021).

Recurso solar

El recurso solar en Colombia es uno de los más prometedores para el desarrollo de la energía fotovoltaica. Según el Atlas de Radiación Solar de la Unidad de Planeación Minero

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

Energética (UPME, 2023), el país cuenta con niveles de radiación solar global horizontal entre los más altos del mundo, oscilando entre 4,5 y 6,0 kWh/m² en la mayor parte del territorio continental. Estas condiciones privilegiadas se deben a la ubicación geográfica cercana a la línea ecuatorial y a los patrones climáticos imperantes en las distintas regiones.

Algunas de las zonas con mayor potencial solar fotovoltaico son la Guajira, el norte de Cesar, el Valle del Cauca, el oriente antioqueño, los Llanos Orientales, parte de la Orinoquía y las islas del Caribe colombiano. En estas regiones, se registran irradiancias anuales superiores a 5,5 kWh/m² día, lo que implica un excelente rendimiento para la generación de electricidad mediante sistemas solares fotovoltaicos (UPME, 2024). Por ejemplo, en el municipio de Fonseca (La Guajira) se estima un potencial de generación solar de alrededor de 2.400 kWh/m² por año. Este análisis subraya la necesidad de enfocar políticas y recursos en estas zonas para maximizar el aprovechamiento del potencial solar, lo cual es crucial para la seguridad energética del país y su liderazgo en la región Andina.

A pesar del enorme potencial existente, el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica ha sido limitado en Colombia. La UPME (2023) estima que para 2030 la capacidad instalada solar podría alcanzar los 2.500 MW, impulsada por las metas gubernamentales de incorporar mayor participación de fuentes renovables no convencionales en la matriz eléctrica nacional.

Recurso eólico

Colombia cuenta con un significativo recurso eólico gracias a su ubicación geográfica en la zona de convergencia intertropical y su accidentada orografía (Guerra Sánchez et al., 2021). De acuerdo con el (Atlas de Viento de la UPME, 2006), las regiones con mayor potencial

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

eólico son la península de La Guajira, la costa Caribe en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Córdoba y Sucre, así como algunos sectores de la Orinoquia y el Catatumbo en Norte de Santander. En estas zonas se registran velocidades promedio de viento superiores a 6 m/s a 80 metros de altura, óptimas para el aprovechamiento eólico.

En particular, la península de La Guajira se perfila como una de las regiones con mayor potencial eólico del mundo, con velocidades promedio de más de 9 m/s en varias zonas y un factor de planta cercano al 60% (UPME, 2006). Estas excepcionales condiciones han motivado el desarrollo de importantes proyectos eólicos tanto públicos como privados en esta región, convirtiéndola en la principal zona productora de energía eólica del país.

Al cierre de 2022, la capacidad instalada de centrales eólicas en Colombia ascendía a 212 MW, generando 1.028 GWh, lo que representa apenas el 1,4% de la producción eléctrica nacional. No obstante, se prevé un importante crecimiento de esta tecnología en los próximos años, impulsado por los compromisos gubernamentales de aumentar la participación de fuentes renovables no convencionales.

Según la UPME (2023), para 2030 se proyecta una capacidad instalada eólica de alrededor de 3.000 MW, principalmente concentrada en La Guajira. Este crecimiento refleja el compromiso del país con la diversificación de su matriz energética, y posiciona a Colombia para ejercer un papel clave en la integración eléctrica de la región Andina. La concentración de proyectos eólicos en La Guajira, una zona con excelente potencial de vientos permite no solo fortalecer la seguridad energética nacional, sino también exportar excedentes a países vecinos, consolidando el liderazgo geopolítico de Colombia en la transición hacia energías renovables en la región. Por lo tanto, esta proyección no es solo un dato técnico, sino una

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

oportunidad estratégica para el país en términos de seguridad energética y diplomacia energética regional.

Recurso geotérmico

Colombia posee un valioso recurso geotérmico asociado a la actividad volcánica y tectónica derivada de su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico. Según el Servicio Geológico Colombiano (2023), se han identificado 28 áreas de interés geotérmico en el territorio nacional, repartidas principalmente en las cordilleras Central, Occidental y Oriental, así como en la Sierra Nevada de Santa Marta. Algunas de las zonas con mayor potencial son el Complejo Volcánico Nevado del Ruiz, el Volcán Azufral, el Volcán Galeras, la Reserva Geotérmica de Nariño y el Volcán del Huila.

La identificación de estas áreas es crucial para diversificar la matriz energética del país y reducir la dependencia de fuentes convencionales. Además, el desarrollo de la energía geotérmica ofrece una fuente de energía constante y de baja emisión, que puede mejorar la seguridad energética y contribuir a los objetivos de sostenibilidad de Colombia. Aprovechar este potencial también posiciona al país como un líder en la adopción de energías renovables en la región Andina, fortaleciendo su influencia geopolítica en el contexto de la transición energética global.

Pese a este atractivo recurso, su aprovechamiento para la generación de energía eléctrica ha sido limitado en Colombia. Hasta la fecha, no se cuenta con ninguna central geotermoeléctrica en operación comercial, aunque sí se han realizado algunas investigaciones exploratorias. Un ejemplo destacable es el proyecto piloto Geotermia del Azufral (fase exploratoria) en el departamento de Nariño, liderado por la empresa pública

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

Geoenergía de Colombia, con el objetivo de estudiar el potencial geotérmico de la zona (Rojas & Ruiz, 2023). Este hecho resalta la necesidad de avanzar en la transición hacia fuentes renovables no convencionales, subrayando la importancia de transformar el potencial geotérmico identificado en proyectos concretos que fortalezcan la seguridad energética de Colombia y su liderazgo en la región.

El desarrollo de la energía geotérmica en el país enfrenta importantes barreras como los elevados costos de exploración y perforación, la falta de un marco regulatorio específico, la ausencia de incentivos y las dificultades para el acceso a áreas protegidas con alto potencial geotérmico. Sin embargo, dada la urgencia por diversificar la matriz energética con fuentes renovables y los compromisos de descarbonización, el Gobierno ha trazado la meta de alcanzar alrededor de 200 MW de capacidad instalada geotermoeléctrica para 2030 (UPME, 2023). Estas barreras, si no se superan, podrían ralentizar el progreso hacia una matriz energética más sostenible, poniendo en riesgo el cumplimiento de las metas de descarbonización y la seguridad energética de Colombia, lo que subraya la necesidad de políticas más agresivas y efectivas en el sector geotérmico.

Recurso de biomasa

La biomasa tiene un potencial como otra fuente renovable clave que, al igual que la energía solar, eólica y geotérmica, puede diversificar y fortalecer la matriz energética de Colombia, contribuyendo a su seguridad energética y liderazgo regional. Colombia cuenta con un amplio potencial para el aprovechamiento energético de la biomasa, gracias a su diversidad geográfica y riqueza en recursos forestales, agrícolas y residuos orgánicos. Según el Atlas de Biomasa Residual de la UPME (2020), en el país se producen anualmente alrededor de 84

millones de toneladas de residuos biomásicos, de los cuales aproximadamente 20 millones de toneladas tienen potencial energético para la generación de electricidad y calor.

Los principales tipos de biomasa residual disponibles son los residuos agrícolas, tales como el bagazo de caña, cascarilla de arroz, fibra de palma, entre otros. También se encuentran los residuos forestales, como cortezas, aserrín, ramas y troncos, así como los residuos sólidos urbanos orgánicos. Algunas de las regiones con mayor potencial biomásico son el Eje Cafetero, Valle del Cauca, Cesar, Córdoba y Meta, debido a sus extensas actividades agrícolas y forestales (UPME, 2020).

Actualmente, la generación de energía eléctrica a partir de biomasa y biogás en Colombia es aún reducida, con una capacidad instalada de apenas 34 MW, que generaron 160 GWh en 2022 . Sin embargo, existe un interés creciente por el desarrollo de proyectos de generación con biomasa residual agrícola e industrial, aprovechando los incentivos regulatorios existentes. Según las proyecciones de la UPME (2023), se estima que para 2030 la capacidad instalada con biomasa podría alcanzar los 180 MW.

Los resultados obtenidos sobre la actual composición de la matriz eléctrica de Colombia, dominada por fuentes hidroeléctricas y térmicas, subrayan la necesidad de una diversificación energética más robusta. Este enfoque resuena con el primer pilar de la teoría de Yergin (2002), quien plantea que la diversificación de fuentes es esencial para garantizar la seguridad energética. Al fortalecer la participación de energías renovables no convencionales, Colombia reduciría su dependencia de fuentes tradicionales, y mitigaría la vulnerabilidad frente a las variaciones climáticas y económicas, incrementando su resiliencia y sostenibilidad a largo plazo.

Requerimientos ante el incremento de energías renovables no convencionales

La transición hacia un sistema energético más sostenible y diversificado representa un desafío significativo para Colombia, especialmente en términos de garantizar la seguridad energética nacional. Este apartado aborda los principales requerimientos que se deben considerar para integrar de manera efectiva las energías renovables no convencionales en la matriz energética del país.

De acuerdo con autores como Andrade & Cardona (2021) Ramírez Fernández (2023) y Salavarieta (2019) la adecuada infraestructura y tecnología, junto con una eficiente operación y gestión del sistema, son esenciales para garantizar la seguridad y resiliencia de la red eléctrica, permitiendo a Colombia integrar de manera efectiva las energías renovables no convencionales y consolidar su liderazgo en la transición energética regional.

Infraestructura y tecnología

Para garantizar la integración efectiva de energías renovables no convencionales en la matriz energética de Colombia, es esencial realizar una evaluación exhaustiva de la infraestructura y las tecnologías existentes. La infraestructura actual debe adaptarse para acomodar nuevas fuentes de energía, y se deben implementar tecnologías avanzadas para gestionar la intermitencia y la variabilidad de estas fuentes.

Este análisis se centra en las adaptaciones tecnológicas necesarias, el desarrollo de redes inteligentes y la implementación de sistemas de almacenamiento de energía, elementos críticos para asegurar un suministro eléctrico estable y confiable.

Integración de energías renovables no convencionales

De acuerdo con Salavarieta (2019) incorporación de energías renovables no convencionales en Colombia requiere de significativas adaptaciones tecnológicas en la infraestructura eléctrica existente. En el caso de la energía eólica, es necesario instalar aerogeneradores avanzados que sean capaces de operar eficientemente en las condiciones climáticas específicas de regiones como La Guajira, donde el potencial eólico es considerable (Gómez, 2020).

Para la energía solar, afirma Rodríguez (2023) se deben implementar sistemas fotovoltaicos de alta eficiencia que maximicen la captura de energía en áreas con altos niveles de irradiación solar. La integración de la biomasa requiere de plantas de generación que puedan procesar de manera efectiva los residuos orgánicos disponibles en el país, mientras que la energía geotérmica necesita de la perforación y construcción de plantas geotérmicas en zonas con potencial geotérmico identificado, como las áreas volcánicas (Campos-Martín et al., 2020).

De otro lado, el desarrollo de redes inteligentes es fundamental para manejar la intermitencia y variabilidad inherente a las energías renovables no convencionales (Salavarieta, 2019). Estas utilizan tecnología de la información y comunicación para mejorar la eficiencia, fiabilidad y sostenibilidad del sistema eléctrico, permiten una mayor visibilidad y control sobre el flujo de electricidad, facilitando la integración de fuentes de energía descentralizadas y variables.

En Colombia, la implementación de *smart grids* incluiría la instalación de medidores inteligentes, sensores avanzados y sistemas de automatización que permitan una respuesta rápida y eficiente a los cambios en la generación y demanda de electricidad (Paredes &

Castro, 2023). Además, las redes inteligentes pueden soportar la gestión activa de la demanda, ajustando el consumo de energía en función de la disponibilidad de generación renovable, lo cual es necesario para mantener el equilibrio y la estabilidad del sistema eléctrico.

A su vez, la implementación de sistemas de almacenamiento de energía es una solución clave para garantizar la estabilidad del suministro eléctrico en un sistema con alta penetración de energías renovables (Cabana Jiménez, 2023). Estos sistemas permiten almacenar el exceso de energía generada durante períodos de alta producción y liberarla durante momentos de baja generación o alta demanda.

En Colombia, desde lo planteado por Higuera et al. (2023) las tecnologías de almacenamiento más prometedoras incluyen las baterías de iones de litio, que ofrecen alta densidad energética y ciclos de vida prolongados, y los sistemas de almacenamiento de energía hidroeléctrica mediante bombeo, que utilizan la energía excedente para bombear agua a un embalse elevado, liberándola posteriormente para generar electricidad cuando sea necesario. Por ello, la adopción de estas tecnologías de almacenamiento no solo mejora la confiabilidad del suministro eléctrico, también contribuye a la resiliencia del sistema ante fluctuaciones y eventos imprevistos.

Infraestructura de Transporte y Distribución

La infraestructura de transporte y distribución de energía eléctrica es crucial para la integración efectiva de las energías renovables no convencionales. Por ejemplo, estudios como el de Noroño Sánchez et al. (2023) dan cuenta que la red de transmisión de Colombia

debe ser evaluada y adaptada para integrar de manera eficiente las nuevas fuentes de energía renovable.

Actualmente, la infraestructura de transmisión está diseñada predominantemente para fuentes de energía centralizadas como hidroeléctricas y plantas térmicas, por lo que la incorporación de energías eólicas y solares, que suelen estar localizadas en áreas geográficamente dispersas y a menudo alejadas de los centros de consumo, requiere una expansión y modernización de la red de transmisión (Ramírez Fernández, 2023).

También es esencial realizar estudios de capacidad para identificar cuellos de botella y áreas donde la infraestructura existente no puede soportar el incremento en la generación de energía (Rincón, 2020). Por ello, la implementación de líneas de transmisión de alta tensión y la mejora de subestaciones son necesarias para garantizar que la energía generada pueda ser transportada de manera eficiente y segura a los usuarios finales.

Del mismo modo, la infraestructura de distribución debe ser actualizada para manejar el aumento de la generación distribuida que resulta de la adopción de energías renovables no convencionales. Las actuales, según manifiestan Reyes Gil et al. (2023) diseñadas para un flujo de energía unidireccional desde las grandes plantas generadoras hacia los consumidores, deben transformarse para soportar un flujo bidireccional, donde la energía puede ser generada y consumida a nivel local.

Esto implica la necesidad de invertir en tecnologías de automatización y monitoreo en tiempo real para gestionar de manera eficaz la variabilidad de la generación distribuida (Rojas & Ruiz, 2023). Además, se deben implementar sistemas avanzados de protección y control para manejar los desafíos asociados con la integración de múltiples fuentes de energía distribuidas. Las mejoras en la infraestructura de distribución aumentarán

la capacidad de la red para absorber más generación renovable, y mejorarán la calidad y fiabilidad del suministro eléctrico, beneficiando tanto a los productores como a los consumidores.

Operación y gestión de sistema

A continuación, se analizan las estrategias necesarias para optimizar la operación diaria del sistema eléctrico ante el incremento de energías renovables no convencionales en el sector eléctrico colombiano, el uso de tecnologías de gestión de demanda y la implementación de centros de control avanzados que permitan monitorear y gestionar la generación y el consumo de energía en tiempo real.

Optimización de la Operación del Sistema Eléctrico

La integración efectiva de energías renovables en la operación diaria del sistema eléctrico requiere de una serie de estrategias y ajustes operativos. Una de las estrategias clave es la previsión de la generación de energía renovable, según Castellanos (2024) utilizando herramientas de modelado y predicción meteorológica avanzada para anticipar la producción de energía eólica y solar. Esto permite a los operadores del sistema planificar y ajustar la oferta de energía en función de la disponibilidad de estas fuentes intermitentes.

Por tanto, es esencial la implementación de mecanismos de despacho prioritario para las energías renovables, asegurando que estas fuentes sean utilizadas al máximo antes de recurrir a la generación convencional (Suaza, 2023). La flexibilidad operativa también juega un papel crucial, donde las plantas de energía de respaldo, como las térmicas, deben estar

preparadas para arrancar y detenerse rápidamente en respuesta a la variabilidad de la generación renovable.

Ahora bien, el uso de tecnologías de gestión de demanda es vital para equilibrar la oferta y la demanda de energía en un sistema con alta penetración de energías renovables. Estas permiten a los operadores del sistema ajustar el consumo de energía en función de la disponibilidad de generación renovable, contribuyendo así a la estabilidad del sistema (Flórez, 2020b).

Por ejemplo, los programas de respuesta a la demanda pueden incentivar a los consumidores a reducir su consumo de energía durante períodos de alta demanda o baja generación renovable, y aumentar su consumo cuando la oferta es abundante. Los dispositivos inteligentes y los sistemas de automatización del hogar pueden desempeñar un papel importante en este aspecto, ajustando automáticamente el uso de electrodomésticos y sistemas de climatización en función de las señales del operador del sistema.

Mantenimiento y Flexibilidad Operativa

El mantenimiento y la flexibilidad operativa son aspectos críticos para la integración exitosa de energías renovables no convencionales en el sistema eléctrico colombiano. La variabilidad y la intermitencia inherentes a las fuentes de energía renovable, como la eólica y la solar, requieren un enfoque de mantenimiento más dinámico y una mayor flexibilidad operativa para garantizar la fiabilidad y estabilidad del suministro eléctrico.

El mantenimiento predictivo y preventivo de la infraestructura eléctrica se vuelve esencial en este contexto. Utilizando tecnologías avanzadas de monitoreo y análisis de datos, es posible predecir y prevenir fallos en los equipos antes de que ocurran, minimizando el

tiempo de inactividad y mejorando la fiabilidad del sistema (Rincón, 2020). Además, el uso de drones y sensores para inspecciones remotas puede mejorar la eficiencia del mantenimiento, permitiendo una identificación rápida y precisa de problemas potenciales en áreas de difícil acceso (Robayo, 2023).

A su vez, la flexibilidad operativa es igualmente crucial para gestionar la variabilidad de la generación de energías renovables. Esto implica la capacidad de ajustar rápidamente la producción y el consumo de energía en respuesta a las fluctuaciones en la generación renovable (Flórez, 2020a). Las plantas de energía convencionales, como las térmicas, deben ser capaces de operar en modo de respaldo, incrementando o reduciendo su producción según sea necesario para complementar la generación renovable.

De igual forma, de acuerdo con Higuera et al. (2023) la integración de sistemas de almacenamiento de energía, como baterías y plantas hidroeléctricas de bombeo, proporciona una fuente flexible de energía que puede ser utilizada para estabilizar el suministro en momentos de alta demanda o baja generación renovable. La combinación de un mantenimiento eficaz y una operación flexible garantiza que el sistema eléctrico pueda adaptarse y responder a los desafíos impuestos por la integración de energías renovables, asegurando un suministro continuo y fiable de electricidad.

Seguridad y resiliencia

La seguridad y resiliencia del sistema energético colombiano son elementos fundamentales para asegurar la estabilidad y continuidad del suministro eléctrico en un contexto de creciente integración de energías renovables no convencionales. A continuación, se revisa la resiliencia del sistema energético, la seguridad cibernética y la diversificación de la matriz energética,

con el fin de identificar las medidas necesarias para fortalecer el sector eléctrico ante diversos desafíos y amenazas:

Por un lado, la resiliencia del sistema energético se refiere a la capacidad del sistema para anticipar, absorber, adaptarse y recuperarse de eventos adversos, como desastres naturales, fallos técnicos o interrupciones en el suministro de combustible (Noroño Sánchez et al., 2023). Por tanto, para mejorar la resiliencia del sistema energético colombiano, es crucial implementar estrategias de redundancia y diversificación en la infraestructura de generación y distribución.

Esto incluye la creación de redundancias en las redes de transmisión y distribución para asegurar que, en caso de una falla en una parte del sistema, otras partes puedan continuar operando sin interrupciones significativas. A su vez, la implementación de sistemas de almacenamiento de energía, como baterías y plantas de bombeo hidroeléctrico, puede proporcionar una fuente de energía de reserva que se puede utilizar en situaciones de emergencia para mantener la estabilidad del suministro eléctrico (Suaza, 2023).

De otro lado, la seguridad cibernética se ha convertido en una preocupación creciente en el sector energético, especialmente con la creciente digitalización y la adopción de tecnologías inteligentes en la red eléctrica. Los sistemas de control y gestión de energía, como los SCADA y los sistemas de gestión de energía (EMS), son vulnerables a ataques cibernéticos que pueden comprometer la integridad y fiabilidad del suministro eléctrico (Higuera et al., 2023).

Para mitigar estos riesgos, es esencial implementar medidas de seguridad cibernética robustas, incluyendo la encriptación de datos, la autenticación multifactorial, y el monitoreo continuo de las redes para detectar y responder rápidamente a posibles amenazas (Paredes &

Castro, 2023). Además, la capacitación del personal en prácticas de ciberseguridad y la realización de simulacros de respuesta a incidentes pueden ayudar a preparar al sector energético para enfrentar y mitigar los impactos de posibles ataques cibernéticos.

Por último, la diversificación de la matriz energética es una estrategia clave para mejorar la seguridad y resiliencia del sistema eléctrico colombiano. Dependiendo menos de una sola fuente de energía reduce la vulnerabilidad a interrupciones en el suministro y asegura una mayor estabilidad en el largo plazo (Flórez, 2020a).

La integración de una variedad de fuentes de energía renovable, como la solar, eólica, biomasa y geotérmica, junto con fuentes convencionales como la hidroeléctrica y térmica, crea una matriz energética más equilibrada y resiliente. Por ello, promover la inversión en tecnologías emergentes y la investigación en nuevas fuentes de energía puede abrir oportunidades para desarrollar alternativas sostenibles y seguras.

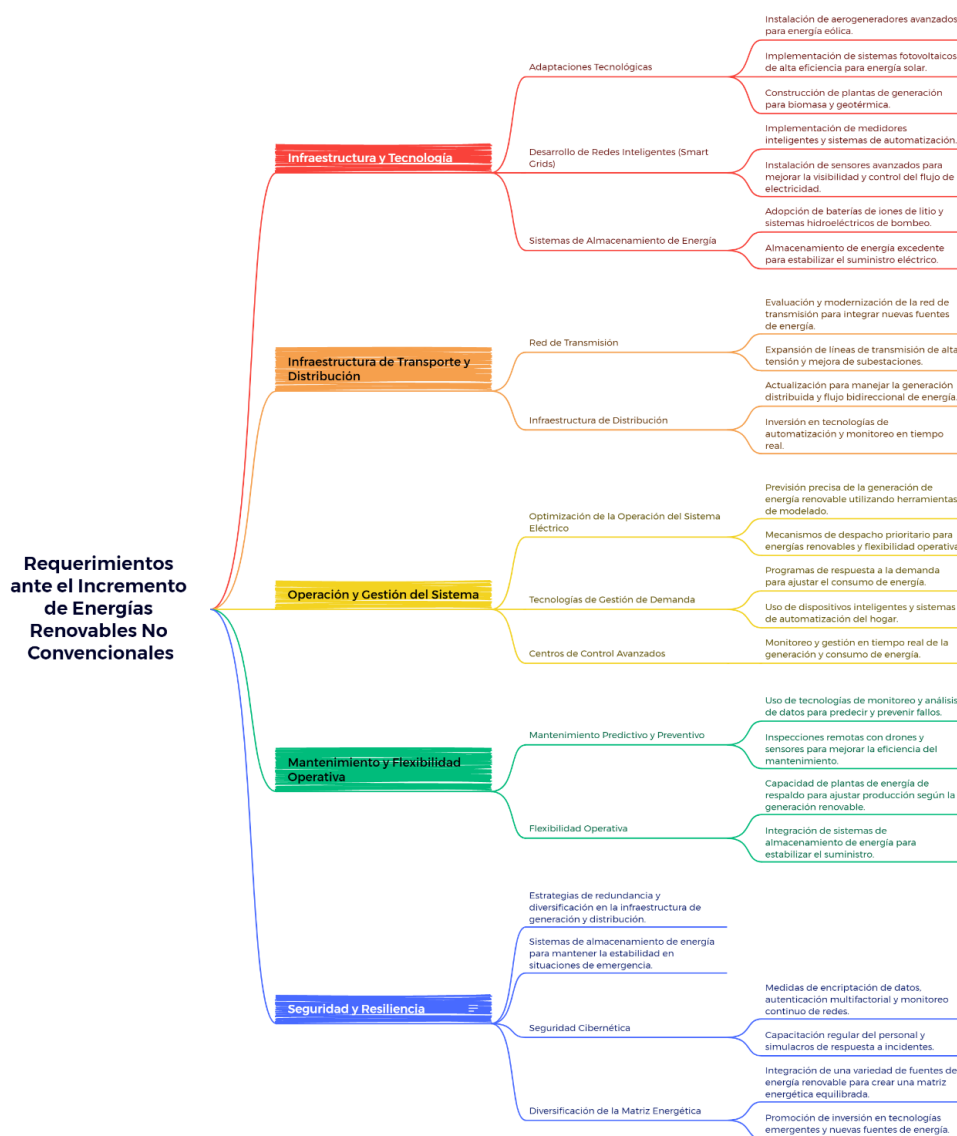
En síntesis y a la luz de lo abordado en relación con los requerimientos en materia de seguridad energética nacional ante el incremento de energías renovables no convencionales en el sector eléctrico colombiano, es posible afirmar que es necesaria una infraestructura robusta y adaptable para integrar efectivamente las energías renovables no convencionales en la matriz energética colombiana, toda vez que, se identificaron las adaptaciones tecnológicas necesarias, el desarrollo de redes inteligentes y la implementación de sistemas de almacenamiento como componentes cruciales.

Además, se subraya la necesidad de modernizar la infraestructura de transporte y distribución para soportar una mayor generación distribuida. En cuanto a la operación y gestión del sistema, es oportuna la optimización de la operación diaria, el uso de tecnologías de gestión de demanda y la implementación de centros de control avanzados. Finalmente, se

resalta la importancia de mantener la seguridad y resiliencia del sistema energético mediante estrategias de redundancia, seguridad cibernética y diversificación de la matriz energética.

En la Figura 3 se resumen los requerimientos en materia de seguridad energética nacional ante el incremento de energías renovables no convencionales en el sector eléctrico colombiano:

Figura 3. Requerimientos en seguridad energética nacional ante el incremento de energías renovables no convencionales en el sector eléctrico colombiano



Fuente: elaboración propia, 2024

La figura anterior destaca las necesidades de modernización de la infraestructura, desde la implementación de tecnologías avanzadas en generación y almacenamiento, hasta la actualización de las redes de transmisión y distribución. Además, enfatiza la importancia de desarrollar capacidades de operación y gestión adaptativas, incluyendo herramientas de previsión, respuesta a la demanda y flexibilidad operativa. Por tanto, permite identificar los desafíos clave y las oportunidades para fortalecer la resiliencia y sostenibilidad del sector eléctrico en el contexto de un aumento en el uso de fuentes de energía renovables hacia el 2030.

El análisis de los requerimientos para la integración de energías renovables no convencionales en Colombia, como la necesidad de modernizar la infraestructura y mejorar los sistemas de almacenamiento, refleja la importancia del segundo componente propuesto por Yergin (2002): la gestión de riesgos. Esta gestión implica crear sistemas de respaldo y contingencia que puedan absorber la variabilidad inherente de las energías renovables. Así, Colombia se posiciona mejor para evitar interrupciones en el suministro eléctrico, asegurando una operación estable y eficiente en un escenario de mayor penetración de energías limpias.

Estrategias para el Liderazgo Energético Regional de Colombia

Colombia, con su abundancia de recursos hídricos y renovables, tiene una oportunidad única para liderar la integración eléctrica en la región Andina. La transición energética es clave para garantizar la seguridad energética del país y fortalecer su influencia geopolítica, por lo que desarrollar estrategias integrales que fomenten la cooperación regional, el desarrollo de

infraestructura común y políticas de financiamiento es esencial para consolidar a Colombia como líder en energías renovables hacia 2030 como se aborda a continuación:

Cooperación regional

Para que Colombia pueda liderar la integración eléctrica en la región Andina, es fundamental fortalecer la cooperación energética con los países vecinos. Un aspecto clave en este sentido es el análisis de los acuerdos bilaterales y multilaterales existentes. La Comunidad Andina (CAN), que incluye a Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, ha sido un actor central en la promoción de la integración energética regional (Clementi et al., 2022).

A través de la Decisión 536 de la Comunidad Andina, se ha establecido el Marco General de la Interconexión Subregional de Sistemas Eléctricos y el Comercio Intracomunitario de Electricidad, que facilita el intercambio de electricidad entre los países miembros y busca crear un mercado eléctrico subregional competitivo y eficiente (Decisión 536, 2002). De acuerdo con Piña García & Reggiardo Palacios (2021) este marco ha permitido avances significativos en la interconexión de sistemas eléctricos, aunque aún existen desafíos que deben ser abordados para lograr una integración plena.

No obstante, a pesar de los avances existen diversas barreras regulatorias que dificultan la plena integración eléctrica en la región Andina (Escribano & Lázaro-Touza, 2022). Según afirma Leañez (2022) las diferencias en las políticas tarifarias, la regulación de las concesiones de transmisión y las normativas de calidad de servicio varían significativamente entre los países, por tanto, estas disparidades regulatorias representan uno de los principales obstáculos para la integración eléctrica regional.

Para superar estas barreras, se recomienda la creación de un organismo regulador regional que pueda armonizar las normativas y establecer estándares comunes. Adicionalmente, la implementación de programas de capacitación y asistencia técnica para las autoridades nacionales de energía es crucial para fomentar la convergencia regulatoria y facilitar la integración de mercados. Además, la coordinación efectiva entre los países andinos es esencial para la gestión eficiente de las redes eléctricas y los mercados de energía.

Si bien, el Consejo de Reguladores de Energía y Gas de la Comunidad Andina (CEREC) ha desempeñado un papel importante al facilitar la cooperación y la coordinación entre los reguladores nacionales (Méndez Bernal, 2023), para optimizar la gestión de las redes eléctricas transfronterizas, se considera oportuno la creación de un operador de sistema independiente regional. Este operador podría encargarse de la planificación conjunta de la infraestructura de transmisión y la gestión de contingencias, garantizando una operación segura y eficiente del sistema interconectado.

Lo anterior sumado a la armonización de políticas y normativas energéticas, resulta esencial para lograr una integración eléctrica efectiva en la región Andina (Arenas Herrera, 2021). Esto incluye la estandarización de los procedimientos de licitación para proyectos de energía renovable, la implementación de políticas de incentivos fiscales comunes y la creación de un marco regulatorio unificado para la gestión de recursos hídricos compartidos.

Para ello, la experiencia de la Unión Europea en la creación de un mercado eléctrico común puede servir como referencia para la región Andina, adaptando las mejores prácticas a las particularidades del contexto regional (Torres Ome, 2023). La armonización de políticas no solo facilitaría la inversión en proyectos de energía renovable, sino que también promovería la estabilidad y la confianza en el mercado eléctrico regional, cruciales para

atraer inversores y desarrollar proyectos de gran envergadura. Con todo esto, se busca fortalecer la integración eléctrica regional en la región Andina, impulsando la inversión en energías renovables y asegurando un suministro energético estable y confiable que potencie el liderazgo geopolítico de Colombia hacia 2030.

Infraestructura y tecnología

Para lograr una integración eléctrica efectiva en la región Andina, es importante identificar y desarrollar la infraestructura necesaria que permita la interconexión y el funcionamiento eficiente de las redes eléctricas. Un aspecto esencial en este sentido es el desarrollo de proyectos de interconexión eléctrica transfronteriza. Actualmente, existen iniciativas como el Sistema de Interconexión Eléctrica Andina (SINEA), que busca conectar los sistemas eléctricos de Colombia, Ecuador, Perú y Chile (Largo, 2021). Estos proyectos no solo mejoran la seguridad energética al diversificar las fuentes de suministro, también optimizan el uso de los recursos energéticos disponibles en la región.

Así mismo, la implementación de tecnologías de red inteligente (*smart grids*) a nivel regional es otro elemento clave para mejorar la interoperabilidad y eficiencia de la red eléctrica. Las *smart grids* permiten una gestión más eficiente y flexible de la generación y distribución de energía, integrando fuentes de energía renovable y facilitando el intercambio de electricidad entre los países andinos (Sterling Meneses, 2023).

Un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en conjunto con la UPME destacan que la adopción de *smart grids* puede reducir las pérdidas de energía, mejorar la fiabilidad del suministro eléctrico y aumentar la capacidad de integración de energías renovables (BID - UPME, 2016). Para ello, es fundamental la inversión en tecnologías de

monitoreo y control en tiempo real, así como en sistemas de automatización avanzados que permitan una operación coordinada y segura de la red eléctrica regional.

El desarrollo de infraestructura de almacenamiento y transmisión de energía compartida también es esencial para la integración eléctrica en la región Andina. Las tecnologías de almacenamiento de energía, como las baterías de gran capacidad y el almacenamiento hidroeléctrico por bombeo, permiten gestionar la intermitencia de las fuentes de energía renovable y garantizar un suministro continuo y fiable (Piña García & Reggiardo Palacios, 2021).

Un informe de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) resalta la importancia de desarrollar proyectos de almacenamiento energético a nivel regional para mejorar la estabilidad de la red y facilitar el intercambio de energía entre los países (OLADE, 2019). Además, la modernización y expansión de las infraestructuras de transmisión es crucial para manejar el aumento de la generación renovable y conectar eficientemente las diferentes áreas de generación y consumo.

A su vez, la creación de un marco colaborativo para el desarrollo de infraestructura y tecnología común es vital para maximizar los beneficios de la integración eléctrica (Sterling Meneses, 2023). Esto incluye la estandarización de tecnologías y protocolos de comunicación, así como el establecimiento de acuerdos de cooperación para la planificación conjunta de proyectos de infraestructura.

La experiencia de la Unión Europea en la integración de redes eléctricas puede servir como modelo, donde la colaboración y la estandarización han sido clave para el éxito de su mercado eléctrico común (Piña García & Reggiardo Palacios, 2021). La adopción de estas

mejores prácticas puede ayudar a la región Andina a superar barreras técnicas y regulatorias, promoviendo una integración eléctrica más eficiente y sostenible.

Financiamiento y políticas de incentivo

Para impulsar la transición hacia energías renovables en la región Andina, es fundamental explorar y asegurar fuentes de financiamiento adecuadas. Una de las principales estrategias es identificar fondos internacionales y regionales dedicados a proyectos de energía renovable. Instituciones financieras como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial han establecido programas específicos para apoyar la inversión en energía limpia (Clementi et al., 2022).

Por ejemplo, el BID ha lanzado el Programa de Energía Sostenible y Cambio Climático que ofrece financiamiento y asistencia técnica para proyectos de energía renovable en América Latina (BID - UPME, 2016). Además, el Fondo Verde para el Clima (GCF) proporciona recursos significativos para proyectos que contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y promueven el desarrollo sostenible (Gobierno de España, 2020). Aprovechar estos fondos requiere una sólida preparación de proyectos y una alineación con las prioridades de desarrollo sostenible de estos organismos.

De igual forma, el diseño de políticas fiscales y subsidios es otra herramienta clave para fomentar la inversión en energías renovables. Los incentivos fiscales, como exenciones tributarias, créditos fiscales y depreciación acelerada, pueden reducir significativamente los costos iniciales de los proyectos de energía renovable, haciéndolos más atractivos para los inversores (Largo, 2021).

Según un informe de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), los países que implementan políticas fiscales favorables han visto un incremento notable en las inversiones en energías renovables (IRENA, 2018). En el contexto de la región Andina, es crucial que los gobiernos diseñen y adopten políticas fiscales que no solo incentiven la inversión, sino que también aseguren la estabilidad y predictibilidad del entorno regulatorio, lo cual es fundamental para atraer inversores a largo plazo.

Además de las políticas fiscales, los subsidios directos pueden desempeñar un papel importante en el impulso de la transición energética (Piña García & Reggiardo Palacios, 2021). Los subsidios pueden ser utilizados para reducir el costo de tecnologías emergentes y facilitar su adopción en el mercado. Por ejemplo, en países como Alemania y España, los subsidios a las tarifas de energía solar han sido cruciales para el desarrollo del sector fotovoltaico (Nin Zabala, 2022).

En la región Andina, la implementación de esquemas de subsidios bien diseñados puede acelerar la adopción de tecnologías renovables, como la solar y la eólica, especialmente en áreas rurales y remotas donde el acceso a la energía es limitado (Escribano & Lázaro-Touza, 2022). La coordinación entre las políticas de subsidios y los mecanismos de financiamiento internacional puede crear un entorno propicio para el desarrollo de proyectos de energía renovable a gran escala.

De igual manera, la participación del sector privado y la colaboración público-privada son esenciales para el éxito de la transición energética en la región Andina. Estrategias como las asociaciones público-privadas (PPP) pueden movilizar recursos privados y compartir riesgos entre el sector público y privado (Méndez Bernal, 2023).

Así las cosas, para fomentar la participación del sector privado, es necesario que los gobiernos establezcan marcos legales claros y transparentes que ofrezcan seguridad jurídica y protección a las inversiones. Además, la creación de incentivos específicos para la investigación y desarrollo en tecnologías renovables puede atraer a empresas innovadoras y fortalecer el ecosistema de energía limpia en la región.

Finalmente, las estrategias propuestas para que Colombia lidere la integración eléctrica regional, basadas en una agenda común de transición energética, reflejan el tercer pilar de la teoría de Yergin (2002): la sostenibilidad ambiental. La promoción de fuentes renovables y la cooperación regional permitirían una mayor seguridad energética, sumado a una contribución significativa a la sostenibilidad ambiental de la región Andina. Al alinearse con estos principios, Colombia puede consolidar su liderazgo geopolítico, estableciendo un modelo de transición energética responsable y equilibrado en la región.

Conclusiones

El presente estudio se adelantó con el fin de hacer un acercamiento a la respuesta a la pregunta de investigación ¿Cuáles son las principales estrategias que debe adoptar Colombia para aprovechar el potencial de las energías renovables en su matriz eléctrica nacional, de cara a garantizar su seguridad energética y ejercer liderazgo geopolítico en la integración eléctrica de la región Andina al 2030?

La investigación responde a la pregunta formulada al identificar las principales estrategias que Colombia debe adoptar para aprovechar el potencial de las energías renovables en su matriz eléctrica nacional, asegurando su seguridad energética y liderazgo geopolítico en la integración eléctrica de la región Andina hacia 2030. Los resultados indican

que, para lograr estos objetivos, es fundamental fortalecer la cooperación regional, desarrollar infraestructura de interconexión, y armonizar políticas energéticas. Estas acciones permitirán a Colombia no solo diversificar su matriz energética, sino también posicionarse como un líder en la transición hacia energías renovables en la región Andina, promoviendo la estabilidad y la confianza en el mercado eléctrico regional y asegurando un suministro energético seguro y sostenible. Por lo tanto, la investigación concluye que las estrategias propuestas son viables y alineadas con los objetivos nacionales y regionales, brindando un marco integral para que Colombia asuma un rol protagónico en la transición energética regional hacia 2030.

El presente estudio ha permitido determinar las principales estrategias que Colombia debe adoptar para aprovechar el potencial de las energías renovables en su matriz eléctrica nacional, con miras a garantizar su seguridad energética y ejercer un liderazgo geopolítico en la integración eléctrica de la región Andina hacia el 2030. Los hallazgos indican que Colombia tiene una oportunidad única para liderar la transición energética regional, aprovechando su abundancia de recursos hídricos y renovables. Las estrategias clave identificadas incluyen el fortalecimiento de la cooperación energética regional, el desarrollo de infraestructura común, y la implementación de políticas de financiamiento e incentivos para las energías renovables.

En cuanto al primer objetivo específico, se definió que la matriz eléctrica colombiana actual está dominada por la generación hidroeléctrica (68.5% de la capacidad instalada) y térmica (29.5%), con una participación incipiente pero creciente de energías renovables no convencionales (2%). Las proyecciones indican un aumento significativo en la participación de energías renovables, con estimaciones de alcanzar 2,500 MW en solar, 3,000 MW en

eólica y 180 MW en biomasa para 2030. Este escenario proyecta una diversificación importante de la matriz energética colombiana en la próxima década.

Respecto al segundo objetivo, se analizaron los requerimientos en materia de seguridad energética nacional ante el incremento de energías renovables no convencionales. Se identificó la necesidad de una infraestructura robusta y adaptable, incluyendo el desarrollo de redes inteligentes, sistemas de almacenamiento de energía, y la modernización de la infraestructura de transporte y distribución. Además, se destacó la importancia de optimizar la operación diaria del sistema eléctrico, implementar tecnologías de gestión de demanda, y establecer centros de control avanzados para garantizar la estabilidad y resiliencia del sistema energético.

En relación con el tercer objetivo, se determinaron las estrategias viables para que Colombia lidere la integración eléctrica en la región Andina. Estas incluyen el fortalecimiento de la cooperación regional a través de acuerdos bilaterales y multilaterales, la armonización de políticas y normativas energéticas, y la creación de un organismo regulador regional. Además, se enfatizó en la importancia de desarrollar infraestructura de interconexión transfronteriza, implementar tecnologías de red inteligente a nivel regional, y establecer mecanismos de financiamiento e incentivos para proyectos de energía renovable.

Es importante señalar que este estudio presenta ciertas limitaciones. La naturaleza dinámica del sector energético y las variables geopolíticas pueden afectar la implementación de las estrategias propuestas. Además, la investigación se basa principalmente en fuentes secundarias y proyecciones, lo que podría no capturar completamente la complejidad de las realidades locales y los desafíos prácticos de implementación. Estas limitaciones abren nuevas líneas de investigación, por ejemplo, un estudio de campo que evalúe la factibilidad

técnica y económica de los proyectos de interconexión eléctrica transfronteriza en la región Andina, o un análisis comparativo de los marcos regulatorios energéticos de los países andinos para identificar oportunidades concretas de armonización.

Referencias

- AIE. (2022). *World Energy Outlook 2022. Resumen ejecutivo*.
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>
- Amórtegui-Rodríguez, L. R. (2022). La seguridad energética y los intereses nacionales en el marco de la transición hacia energías renovables. *Estudios En Seguridad y Defensa*, 17(34), 285–305. <https://doi.org/10.25062/1900-8325.346>
- Andrade, L., & Cardona, S. (2021). *Energías renovables no convencionales en Colombia y su proyección para el año 2030*. www.udea.edu.co
- Arenas Herrera, A. M. (2021). *El camino a la integración energética: la influencia de los procesos políticos en el diseño de los sistemas eléctricos en Colombia y Ecuador*.
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/20496/2/TFLACSO-2021AMAH.pdf>
- Atlas de Viento de la UPME. (2006). *Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia*.
- BID - UPME. (2016). *Smarts Grids Colombia: Visión 2030 - Parte I. Parte IIIA*. .
<https://www1.upme.gov.co/Paginas/Smart-Grids-Colombia-Visi%C3%B3n-2030.aspx>
- Cabana Jiménez, K. (2023). *Estrategia Predictiva de Despacho Económico para la Operación de Microrredes con Fuentes de Energía Renovables*.

Campos-Martín, J. M., Chica, A., Domine, M. E., García, T., Pawelec, B., Luis, J., Rojas, S.,

Serra, J. M., & Suelves, I. (2020). Biocombustibles. *Bol. Grupo Español Carbón*, 58, 6.

Castellanos, C. H. (2024). *Análisis del impacto de la integración de las energías renovables no convencionales en la modernización del mercado de energía mayorista de Colombia.*

Clementi, L. V., Ise, M. A., & Carrizo, S. C. (2022). El desafío de renovar la cooperación en América del Sur. *NÚCLEOS Revista Científica.*, 9, 4–7.

<https://publicacionescedi.unnoba.edu.ar/index.php/revistanucleos/article/view/34/34>

Decisión 536. (2002). *Marco General para la interconexión subregional de sistemas eléctricos e intercambio intracomunitario de electricidad.*

<https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/DocOf/DEC536.pdf>

Del Valle, A. (2016). *La nueva geopolítica de la energía en la región sudamericana. Tendencias, actores y conflictos en la industria del gas.*

Escribano, G., & Lázaro-Touza, L. (2022). Seis historias de geopolítica y renovables en el Mediterráneo y América Latina. *Papeles de Energía*, 17, 103–129.

Espinel-Bermúdez, J. R. (2023). Análisis del ambiente de la guerra ucraniana desde los actores. *Revista Estrategia, Poder y Desarrollo*, 2(3), 65–71.

<https://doi.org/10.25062/2955-0289.4729>

Flórez, F. (2020a). *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.*

Flórez, F. (2020b). *Estado del arte de la estructura, elementos y funciones de sistemas de generación en el contexto de redes inteligentes, industria 4.0, energía y eficiencia*

energética teniendo en cuenta el sistema eléctrico colombiano. Generación en redes eléctricas inteligentes.

Forero, S. (2023). Un enfoque sostenible sobre las energías renovables en Colombia.

Revista Tecnogestión: Una Mirada al Ambiente, 20(1), 73–94.

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/21342/19532>

Gobierno de España. (2020). *Fondo Verde Para el Clima (GCF)*.

<https://www.tesoro.es/asuntos-internacionales/fondo-verde-del-clima-gcf#:~:text=El%20Fondo%20Verde%20del%20Clima,clim%C3%A1tico%20de%20la%20comunidad%20internacional>.

Gómez, O. (2020). El reto de las energías renovables no convencionales. *Revista Universidad EAFIT*, 1, 58–63.

Guerra Sánchez, M., Montañó Assaf, J. C., & Ascanio Mantilla, N. J. (2021).

Implementación de energías renovables como garantía al derecho fundamental a un ambiente sano en Colombia. *CES Derecho*, 12(2), 87–107.

<https://doi.org/10.21615/cesder.6163>

Higuera, A., Medina, X., & Rojas, A. (2023). *Análisis de los beneficios y desafíos asociados a la integración de energías renovables al sistema de generación distribuido en Bogotá en los aspectos social y ambiental.*

Hernández Sampieri, R., & Fernandez-Collado, C. F. (2014). Metodología de la investigación (P. Baptista Lucio, Ed.; Sexta edición). McGraw-Hill Education.

<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

- IRENA. (2018). *Renewable Energy Policies in a Time of Transition*. /-
/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_IEA_REN21_Policies_20
18.pdf?rev=72587b606dc442bd8c8b4f74e0f4a574
- Largo, P. (2021). La incertidumbre sobre las reglas de mercados comunitarios de energía eléctrica en América Latina y su incidencia en Colombia. *Universidad Católica*, 1–24.
- Leañez, F. (2022). *Intensidad de materiales en la transición energética de América Latina: estimaciones sobre la base de un escenario de integración energética de América del Sur*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/87e04f79-e691-41a2-b491-0b8150a8d7c3/content>
- Méndez Bernal, A. A. (2023). *Transición Energética en Colombia: Propuestas para Promoverla a Partir del Potencial de las Energías Renovables y su Nivel de Implementación Actual en el País*. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/54075/2023abrahammendez.pdf?sequence=1>
- Nin Zabala, S. (2022). Mirada al 2050 de Bolivia con 100% de oferta hidroeléctrica hacia la integración eléctrica sudamericana. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 2288–2301. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2756
- Noroño Sánchez, J. G., Gómez Herrera, S., Vílchez Pirela, R., & Núñez Villavicencio, M. A. (2023). Energías renovables y dinámicas laborales emergentes: desafíos para la transformación socioeconómica en Colombia. *Revista Venezolana de Gerencia*, 28(102), 565–580. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.102.8>
- OLADE. (2019). *Energy outlook of Latin American and the Caribbean*. <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0446b.pdf>

Paredes, S., & Castro, J. (2023). *Redes inteligentes en zonas no interconectadas de Colombia*.

Piña García, D., & Reggiardo Palacios, G. (2021). La Comunidad Andina en el contexto global. Posreingeniería de 2014: una mirada desde la acción colectiva. *Comentario Internacional*, 20, 81–102. <https://doi.org/10.32719/26312549.2020.20.1.5>

Ramírez Fernández, R. (2023). *El papel de las energías renovables en la matriz energética colombiana*. Institución Universitaria Americana.
<https://repositorio.americana.edu.co/entities/publication/ff77b3b3-a345-4241-a81c-a5f90093399a>

Reyes Gil, E., Turriago, A., & Mercado, A. (2023). Las energías renovables no convencionales en Colombia: hacia una matriz energética más limpia. *Revista de Divulgación Científica, Tecnológica y Cultural*, 7(4), 26–30.

Rincón, J. F. (2020). *Energías Renovables, una Alternativa para Ampliar Cobertura del Servicio Energético en Colombia*.

Robayo, N. (2023). *Revisión de la diversificación de la matriz energética para la obtención de energía eléctrica mediante FNCE en Colombia*.

Rodríguez, T. (2023). *Integración de los sistemas de generación eléctrica distribuida con energías renovables en el departamento de Arauca*.

Rojas, A., & Ruiz, D. (2023). *Proyección de la matriz energética en Colombia al año 2050 bajo la simulación de un sistema energético de referencia en OSeMOSYS*.

Rueda-Bayona, J., Guzmán, A., Cabello, J., Silva-Casarín, R., Bastidas-Arteaga, E., & Horrillo-Caraballo, J. (2019). Renewables energies in Colombia and the opportunity for the offshore wind technology. *Journal of Cleaner Production*, 220, 529–543.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.174i>

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

Salavarieta, J. C. (2019). Integración de energías renovables a redes de distribución eléctrica existentes. *Desarrollo Tecnológico e Innovación Empresarial*, 8(2), 16–21.

<https://colinnovacion.com/wp-content/uploads/2021/01/ART-3-FORMATO-REVISTA-VOLUMEN-8-EDICION-2-2019.pdf>

Servicio Geológico Colombiano. (2023). *Informe de gestión*.

Sterling Meneses, B. S. (2023). *Estudio de los sistemas de redes inteligentes en Colombia estado del arte*. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/40fb6d46-3303-4cf0-9e79-0a3801db706f/content>

Suaza, C. (2023). *Las Fuentes No Convencionales de Energías Renovables como Herramienta para la Transición Energética y el Cumplimiento de las Metas Nacionales e Internacionales de Mitigación al Cambio Climático: Identificación de Barreras*.

Torres Ome, A. (2023). *Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema híbrido eólico solar para la extracción de hidrocarburos en Colombia*. <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/10635/Estudio%20de%20viabilidad%20t%C3%A9cnica%20y%20econ%C3%B3mica%20de%20un%20sistema%20h%C3%ADbrido%20e%C3%B3lico%20solar%20para%20la%20extracci%C3%B3n%20de%20hidrocarburos%20en%20Colombia.pdf?sequence=1>

UPME. (2019). *Plan energético Nacional 2020 - 2050*.

UPME. (2020). *Atlas del potencial energético de la Biomasa residual en Colombia*.

UPME. (2023). *PEN 2022-2052*.

UPME. (2024). *Proyección de la demanda de energía eléctrica, potencia máxima y gas natural 2023- 2037*.

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia

[https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Proyecciones de Demanda Final v 31 01 2024.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Proyecciones_de_Demanda_Final_v_31_01_2024.pdf)

Viviescas, C., Lima, L., Diuana, F. A., Vasquez, E., Ludovique, C., Silva, G. N., Huback, V., Magalar, L., Szklo, A., Lucena, A. F. P., Schaeffer, R., & Paredes, J. R. (2019). Contribution of Variable Renewable Energy to increase energy security in Latin America: Complementarity and climate change impacts on wind and solar resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *113*, 1–16.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.039>

Yergin, D. (2002). *The Commanding Heights: The Battle for the World Economy* (Vol. 1). Simon and Schuster.

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”
Bogotá D.C., Colombia