



Instituto de Altos Estudios Nacionales – IAEN

Escuela de Seguridad y Defensa

Maestría en Planificación y Prospectiva Multisectorial

Título del trabajo

**Diseño de escenarios para la eficiencia energética en el sector
eléctrico al 2030**

Autor: Franklin Gregorio Hernández Quintero.

Tutor: Dra. Johanna Paulina Espín Moscoso.

Quito, julio de 2025.

ACTA DE GRADO

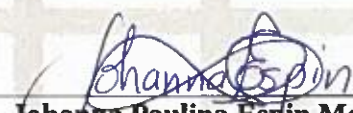
En el Distrito Metropolitano de Quito, hoy 5 de agosto de 2025, FRANKLIN GREGORIO HERNÁNDEZ QUINTERO, portador del número de cédula: 0802156752, EGRESADO DE LA MAESTRÍA EN PLANIFICACIÓN Y PROSPECTIVA MULTISECTORIAL 2022 - 2023 octubre, se presentó a la exposición y defensa oral de su ARTÍCULO CIENTÍFICO DE ALTO NIVEL, con el tema: "DISEÑO DE ESCENARIOS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR ELÉCTRICO AL 2030", dando así cumplimiento al requisito, previo a la obtención del título de MAGÍSTER EN PLANIFICACIÓN Y PROSPECTIVA MULTISECTORIAL.

Habiendo obtenido las siguientes notas:

Promedio Académico:	8.52
Trabajo Escrito:	9.00
Defensa Oral:	9.00
Nota Final Promedio:	8.76

En consecuencia, FRANKLIN GREGORIO HERNÁNDEZ QUINTERO, se ha hecho acreedor al título mencionado.

Para constancia firman:



Johanna Paulina Espin Moscoso
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Elena Gabriela Chicaiza Mora
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Milton Alfredo Reyes Herrera
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Mgs. Estefanía Yadira Morillo Erazo
DIRECTORA DE SECRETARÍA GENERAL

AUTORIA

Yo Franklin Gregorio Hernández Quintero, con CI 0802156752 declaro que las ideas, juicios, valoraciones, interpretaciones, consultas bibliográficas, definiciones y conceptualizaciones expuestas en el presente trabajo; así cómo, los procedimientos y herramientas utilizadas en la investigación, son de absoluta responsabilidad de Franklin Gregorio Hernández Quintero, autor del trabajo de titulación “Diseño de escenarios para la eficiencia energética en el sector eléctrico al 2030”. Así mismo, me acojo a los reglamentos internos de la universidad correspondientes a los temas de honestidad académica.

Firma

C.I. 0802156752

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, Franklin Gregorio Hernández Quintero, cedo al IAEN, los derechos de publicación de la presente obra por un plazo máximo de cinco años, sin que deba haber un reconocimiento económico por este concepto. Declaro además que toda la información contenida en el presente trabajo de titulación no podrá ser cedido a ninguna empresa editorial para su publicación u otros fines que no sean específica y exclusivamente de carácter o naturaleza académica, sin contar previamente con la autorización escrita del Instituto de Altos Estudios Nacionales - IAEN.

Esmeraldas 5 de agosto del 2025.

FRANKLIN HERNANDEZ.
CI. 0802156752

Índice de Contenido

Cláusula de autoría y cesión de derechos	2
Resumen	4
Abstract.....	5
1. Introducción	6
2. Marco conceptual	9
3. Marco metodológico	17
4. Resultados	21
5. Conclusiones y recomendaciones.....	36
Bibliografía.....	39

Resumen

Este estudio aborda los desafíos críticos que enfrenta Ecuador en su camino hacia la eficiencia energética sostenible en el sector eléctrico hasta el 2030. La dependencia histórica de recursos no renovables, la vulnerabilidad climática y la falta de diversificación en la matriz energética plantean riesgos económicos y ambientales significativos. El objetivo general es diseñar escenarios prospectivos que aborden estos problemas, proponiendo soluciones focalizadas en fuentes renovables, resiliencia climática y diversificación. La justificación radica en la urgencia de enfrentar la actual crisis energética, destacando lecciones valiosas para la región latinoamericana. Se observa un análisis detallado de fuentes renovables viables en Ecuador, incluyendo solar, eólica, hidroeléctrica y biomasa, respaldado por proyecciones de demanda. Se identifican políticas gubernamentales, como la Ley Orgánica de la Energía Renovable y el Uso Racional de la Energía, y programas como Electrificación Rural, como catalizadores hacia un futuro sostenible. La necesidad de medidas de adaptación y resiliencia en la infraestructura eléctrica es destacada, junto con la importancia de incentivos y concientización pública. Se enfatiza la formación de alianzas público-privadas como un enfoque integral. En conclusión, estas estrategias tienen el potencial de catalizar un cambio significativo hacia un sector eléctrico más eficiente, sostenible y diversificado en Ecuador.

Palabras claves: Diversificación energética, Eficiencia energética, Fuentes renovables, Políticas gubernamentales, Resiliencia infraestructura eléctrica.

Abstract

This study addresses the critical challenges facing Ecuador on its path to sustainable energy efficiency in the electricity sector through 2030. Historical dependence on non-renewable resources, climate vulnerability and lack of diversification in the energy matrix pose significant economic and environmental risks. The overall objective is to design prospective scenarios that address these problems, proposing solutions focused on renewable sources, climate resilience and diversification. The justification lies in the urgency of facing the current energy crisis, highlighting valuable lessons for the Latin American region. A detailed analysis of viable renewable sources in Ecuador, including solar, wind, hydro and biomass, is presented, supported by demand projections. Government policies, such as the Organic Law on Renewable Energy and the Rational Use of Energy, and programs such as Rural Electrification, are identified as catalysts towards a sustainable future. The need for adaptation and resilience measures in electricity infrastructure is highlighted, along with the importance of incentives and public awareness. The formation of public-private partnerships is emphasized as a comprehensive approach. In conclusion, these strategies have the potential to catalyze significant change towards a more efficient, sustainable and diversified electricity sector in Ecuador.

Keywords: Energy diversification, Energy efficiency, Renewable sources, Government policies, Electricity infrastructure resilience.

1. Introducción

La perspectiva ecuatoriana hacia el 2030 revela una serie de desafíos críticos que afectan la eficiencia energética sostenible en el sector eléctrico. En primer lugar, la dependencia histórica de recursos no renovables, especialmente del petróleo y sus derivados, exponiendo al país a riesgos tanto económicos como ambientales. Esta realidad resalta la urgencia de diversificar la matriz y su mix energético para reducir la vulnerabilidad ante las fluctuaciones en los precios de los recursos no renovables y avanzar de manera definida hacia fuentes más sostenibles.

Además, la vulnerabilidad ante cambios climáticos emerge como un elemento clave en la ecuación energética ecuatoriana. Los eventos climáticos extremos y las variaciones en los patrones de precipitación afectan directamente la generación de energía hidroeléctrica, una fuente vital en Ecuador. Esta conexión resalta la necesidad de desarrollar estrategias que no solo mejoren la eficiencia energética, sino que también aborden la resiliencia del sistema eléctrico frente a fenómenos climáticos adversos.

La sostenibilidad ambiental se presenta como otro desafío importante e intrínseco, donde la explotación excesiva de recursos no renovables y la generación de energía a partir de fuentes no sostenibles contribuyen a la degradación ambiental. La urgencia de adoptar estrategias que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y promuevan prácticas más sostenibles, refleja positivamente un compromiso necesario con la responsabilidad ambiental.

La obsolescencia de la infraestructura energética emerge como un factor determinante que puede afectar la eficiencia y confiabilidad del suministro eléctrico. La necesidad de inversiones significativas para modernizar y optimizar la red eléctrica resalta la importancia de la planificación a corto plazo y la infraestructura actualizada para lograr una transición efectiva hacia la eficiencia energética sostenible. La falta de diversificación en la matriz energética presenta un riesgo adicional, ya que deja al país vulnerable a las fluctuaciones de precios de los recursos no renovables. En este contexto, la adopción de fuentes de energía renovable y la diversificación de la matriz se presentan como medidas esenciales para garantizar la estabilidad y la seguridad energética a corto, mediano y largo plazo.

Las barreras para la adopción de tecnologías limpias subrayan la importancia de abordar no solo aspectos técnicos, sino también barreras económicas y políticas. La falta de incentivos claros y políticas efectivas puede obstaculizar la efectiva transición hacia fuentes de energía más sostenibles, destacando además la necesidad de un marco regulatorio sólido y medidas que fomenten ampliamente la inversión en tecnologías limpias.

Los desafíos en la eficiencia energética revelan que, a pesar de las potenciales soluciones disponibles, la falta de conciencia, tecnologías obsoletas y prácticas ineficientes pueden contribuir al consumo excesivo de energía. Abordar estos desafíos requerirá campañas educativas, inversiones en tecnologías eficientes y cambios en las prácticas industriales y domésticas de inmensas proporciones.

La relación entre la dependencia de recursos no renovables y la matriz energética poco diversificada destaca la influencia directa en la competitividad económica del país. La transición hacia fuentes de energía sostenible no solo debe considerar la eficiencia, sino también evaluar el impacto económico y la creación de empleo, asegurando una transición equitativa y sostenible. Abordar estos desafíos requerirá una colaboración integral entre actores gubernamentales, empresariales y de la sociedad civil, junto con la implementación efectiva de políticas y regulaciones que fomenten la transición hacia la eficiencia energética sostenible en Ecuador hacia el 2030.

Con el propósito de guiar de manera natural, clara y correctamente el desarrollo de esta investigación, se propone la formulación de una pregunta general que delimite el problema de estudio desde una perspectiva analítica y reflexiva. Precisamente, esta pregunta general está acompañada por una serie de preguntas secundarias que atienden a condiciones particulares del fenómeno objeto de estudio y, por tanto, proporciona un abordaje total del objeto. La pregunta general es ¿Cómo puede diseñarse un conjunto óptimo de escenarios para mejorar la eficiencia energética en el sector eléctrico hasta el año 2030, considerando los diversos factores tecnológicos, económicos y regulatorios que influyen en la toma de decisiones estratégicas?

De esta pregunta, se derivan dos preguntas subsidiarias: 1) ¿Cuáles son las fuentes de energía renovable viables en Ecuador que pueden reducir la dependencia de recursos no renovables en el sector eléctrico? y 2) ¿Cuáles serían las medidas de adaptación y resiliencia en la infraestructura eléctrica para hacer frente a la vulnerabilidad climática y reducir los riesgos asociados?

Al mismo tiempo, se establece un objetivo general donde se sintetiza la finalidad de la investigación, que se desglosa en unos objetivos específicos que permiten guiar el desarrollo de los objetivos específicos que guiarán las acciones concretas a desarrollar. Este planteamiento permite establecer la articulación entre el problema, la ruta metodológica, y la proyección de los resultados de la investigación llevada a cabo.

1.1 Objetivos de la investigación

El objetivo general de la investigación es diseñar y proponer escenarios prospectivos para alcanzar la eficiencia energética en el sector eléctrico de Ecuador al 2030, abordando de manera focalizada la dependencia de recursos no renovables, la vulnerabilidad climática y la falta de diversificación energética.

Dado el objetivo general mencionado, se plantean tres objetivos específicos, los cuales se desarrollan en este mismo orden en la sección de resultados: 1) Identificar y promover fuentes de energía renovable viables en Ecuador para reducir la dependencia de recursos no renovables en el sector eléctrico, 2) Desarrollar medidas de adaptación y resiliencia en la infraestructura eléctrica para hacer frente a la vulnerabilidad climática y reducir los riesgos asociados, y 3) Fomentar la diversificación de la matriz energética mediante la promoción de tecnologías innovadoras y la integración de soluciones energéticas más sostenibles.

1.2 Justificación de la investigación

Cabe destacar que, a nivel mundial, la crisis energética refleja la vulnerabilidad de los países ante fenómenos climáticos extremos y la necesidad urgente de transitar hacia fuentes de energía más sostenibles. En un contexto global donde la agenda climática adquiere una relevancia sin precedentes, la experiencia ecuatoriana ofrece lecciones valiosas sobre los riesgos asociados con la dependencia histórica de recursos no renovables y la exposición a eventos climáticos adversos.

A nivel latinoamericano, la situación no es única y refleja patrones similares en la región, donde la generación de energía hidroeléctrica a menudo constituye una parte significativa de la matriz energética. La dependencia compartida de fuentes vulnerables a cambios climáticos resalta la necesidad de estrategias regionales que fomenten la diversificación y resiliencia del suministro energético. Los resultados de esta investigación podrían ser extrapolados para informar políticas y prácticas en otros países latinoamericanos que enfrentan desafíos energéticos similares.

A nivel nacional, Ecuador se encuentra en una encrucijada crítica que requiere respuestas inmediatas y a largo plazo. La contradicción en las declaraciones oficiales y los costos económicos asociados con la emergencia energética subrayan la importancia de evaluar y mejorar la gestión integral del sector eléctrico. La actual crisis energética en Ecuador, exacerbada por el estiaje causado por el Fenómeno de El Niño, ha generado una serie de consecuencias

significativas, incluyendo cortes puntuales y temporales del servicio eléctrico que afectan a todas las provincias del país. Este contexto crítico, evidenciado por la declaración del Gobierno Nacional del Presidente Guillermo Lasso y las fluctuaciones en la disponibilidad de energía eléctrica, destaca la urgente necesidad de abordar con entereza las vulnerabilidades en el sector eléctrico ecuatoriano.

La relación existente entre el estiaje y la dependencia de fuentes hidroeléctricas, así como la incapacidad para garantizar un suministro constante, resalta la vulnerabilidad del país ante solo fenómenos climáticos moderados, ahondando más la preocupación de tan solo imaginar al país en escenarios de extremos impactos climatológicos. La contradicción en las declaraciones oficiales respecto a la estabilidad del suministro eléctrico subraya la importancia de una investigación y/o valoración que examine críticamente las políticas y prácticas existentes en el sector.

Además, la situación actual, con el presidente anunciando viajes para buscar apoyo en otros países, revela la necesidad de un enfoque integral y sostenible para una mejor gestión de la energía en Ecuador. La información proporcionada sobre el déficit de energía y los costos asociados acentúa la magnitud económica de la emergencia, lo cual resalta la importancia de investigar y optar por estrategias que no solo aborden las necesidades inmediatas, sino que también promuevan la sostenibilidad a largo plazo.

En este contexto, la investigación propuesta busca analizar a fondo la crisis energética en Ecuador, considerando la dependencia histórica de recursos no renovables, la vulnerabilidad ante cambios climáticos, la obsolescencia de la infraestructura energética en algunas áreas específicas, la falta de diversificación en la matriz energética, barreras para la adopción de tecnologías limpias, desafíos en eficiencia energética y el impacto económico. Este análisis permitirá proponer estrategias prácticas y efectivas que contribuyan a la estabilidad y sostenibilidad del sector eléctrico ecuatoriano, mitigando riesgos y asegurando de manera paralela y prospectivamente un suministro energético confiable para la Nación.

2. Marco teórico

El marco teórico que se presenta a continuación tiene la finalidad de establecer los principios conceptuales y teorías que se servirán para la realización de esta investigación y contribuir así a una sólida base de comprensión y análisis de los ejes temáticos que la investigación maneja. Además, en la situación concreta, con la creciente demanda de energía y

la urgente necesidad de ir caminando hacia un modelo de sostenibilidad, es muy importante abordar conceptos clave: eficiencia energética, sostenibilidad y prospectiva, desde un enfoque integral, dado que tales constructos pueden explicar las pautas que determinan el uso racional energético, así como ofrecer líneas de exploración futura que hagan posible el desarrollo sostenible y resistente.

2.1 Eficiencia Energética

La eficiencia energética se refiere a la optimización y maximización del uso de la energía para obtener un rendimiento específico, minimizando las pérdidas y reduciendo el consumo total. Desde un enfoque teórico, la eficiencia energética se basa en principios físicos y económicos, buscando alcanzar la máxima producción o servicio con la menor cantidad de energía posible. Este concepto está arraigado en la idea de hacer un uso más inteligente de los recursos energéticos, disminuyendo la huella ambiental y mejorando la rentabilidad económica (Torres, 2020).

En la teoría, la eficiencia energética abarca desde la eficiencia en procesos industriales hasta la eficiencia en el uso doméstico de la energía, siendo un componente clave en la transición hacia un sistema energético más sostenible. La eficiencia energética, como principio fundamental en la gestión de recursos, se erige como un pilar esencial en la transformación hacia un sistema energético más sostenible y resiliente (Gómez, 2021).

Desde un enfoque teórico, la eficiencia energética se nutre de principios físicos y económicos intrínsecos. En el ámbito físico, la teoría se apoya en la premisa de que los procesos y sistemas pueden ser diseñados para lograr una mayor producción o servicio con la menor cantidad de energía posible. Esto implica la minimización de desperdicios y la optimización de cada etapa en la cadena de suministro, servicios y consumo energético (Camarda, 2020).

A nivel económico, la eficiencia energética se sitúa en la intersección entre la viabilidad financiera y la sostenibilidad ambiental. La teoría postula que la optimización de los recursos energéticos no solo conlleva beneficios ambientales al reducir los diferentes tipos de huellas ambientales, sino que también mejora la rentabilidad económica a largo plazo. La inversión en tecnologías y prácticas eficientes no solo reduce los costos operativos, sino que también contribuye a la mitigación de riesgos asociados con la volatilidad de los precios energéticos (Parrilla y Prieto, 2023).

Este concepto se arraiga en la idea de hacer un uso más inteligente de los recursos energéticos disponibles. En la práctica, la eficiencia energética se traduce en la implementación de tecnologías avanzadas, la optimización de procesos industriales, y la promoción de comportamientos sostenibles en el uso doméstico de la energía.

2.2 La Sostenibilidad como marco de análisis

La sostenibilidad energética se fundamenta en el principio de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades. Desde un enfoque teórico, la sostenibilidad energética implica la integración armoniosa de la eficiencia, la equidad y la viabilidad a largo plazo en el desarrollo y uso de fuentes de energía. La teoría de la sostenibilidad energética considera aspectos sociales, económicos y ambientales, promoviendo la adopción de prácticas que preserven los recursos naturales y minimicen los impactos adversos. Este enfoque teórico busca trascender las simples consideraciones económicas, abordando la interconexión entre el medio ambiente y la sociedad en la toma de decisiones energéticas (Mendoza de la Torre, 2023).

La sostenibilidad energética, como imperativo ético y estratégico, se establece como un faro que guía el desarrollo y uso de fuentes de energía hacia un futuro equitativo y viable. Desde un enfoque teórico, la sostenibilidad energética descansa sobre el principio fundamental de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas (Cristofer et al., 2023).

Esta teoría va más allá de la mera eficiencia en el uso de la energía; implica una integración armoniosa de tres pilares fundamentales: eficiencia, equidad y viabilidad a largo plazo. La eficiencia asegura un uso óptimo de los recursos energéticos, minimizando desperdicios y maximizando los beneficios obtenidos. La equidad aborda la distribución justa de los beneficios y cargas asociadas con el acceso y la utilización de la energía. La viabilidad a largo plazo garantiza que las decisiones actuales no comprometan la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Matteo, 2022)

Desde un enfoque teórico, la sostenibilidad energética considera la interrelación de aspectos sociales, económicos y ambientales. En el ámbito social, se busca garantizar el acceso equitativo a servicios energéticos básicos, promoviendo la inclusión y reduciendo las disparidades socioeconómicas. Económicamente, la sostenibilidad implica la creación de modelos de negocio y políticas que sean económicamente viables a largo plazo, fomentando la

inversión en innovación, tecnologías y prácticas sostenibles. Ambientalmente, la teoría aborda la conservación de los recursos naturales y la mitigación de los impactos adversos, preservando la biodiversidad y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y todos los demás tipos de huella (Sánchez et al., 2021).

El enfoque teórico de la sostenibilidad energética busca trascender las simples consideraciones económicas al reconocer la interconexión intrínseca entre el medio ambiente y la sociedad en la toma de decisiones energéticas. Este paradigma promueve una visión holística que reconoce la interdependencia de todos los elementos del sistema, desde la producción hasta el consumo de energía. La teoría se convierte así en un guía para la formulación de políticas y estrategias que no solo buscan el beneficio económico inmediato, sino que también respetan los límites de los recursos naturales y aseguran una calidad de vida sostenible para las generaciones presentes y futuras (Acosta-Banda et al., 2020).

La sostenibilidad energética, como teoría y guía de acción, no solo se limita a la eficiencia en el uso de los recursos, sino que abarca un espectro más amplio de consideraciones, incluyendo la equidad en el acceso y la utilización de la energía. Este enfoque teórico es esencial para abordar los desafíos contemporáneos y construir un futuro donde las necesidades de todos sean satisfechas sin comprometer el bienestar de las generaciones venideras (Cueva et al., 2022).

Integra armoniosamente la eficiencia, buscando maximizar el rendimiento específico obtenido de la energía, con la equidad, que se centra en la justa distribución de los beneficios y cargas asociadas con la energía. El cual reconoce la diversidad de necesidades y contextos en las comunidades y sociedades, promoviendo un acceso equitativo a servicios energéticos esenciales (Matteo, 2022).

La equidad en la sostenibilidad energética implica superar las disparidades en el acceso a la energía, tanto a nivel regional, como también en lo nacional y social. La teoría propone abordar la brecha energética, asegurando que comunidades desfavorecidas tengan acceso a servicios energéticos confiables y asequibles. Se busca no solo satisfacer las necesidades básicas, sino también empoderar a estas comunidades para participar activamente en la transición hacia un sistema energético más sostenible (Marcos et al., 2021).

Económicamente, implica la creación de modelos de negocio inclusivos que permitan a las comunidades participar en la generación y gestión de la energía. Socialmente, busca fomentar la educación y la capacidad local, permitiendo a las comunidades tomar decisiones informadas

sobre sus necesidades energéticas y participar en la adopción de tecnologías sostenibles (Filgueiras et al., 2022).

No se puede lograr una sostenibilidad auténtica si ciertos grupos se ven excluidos del acceso a servicios energéticos adecuados. Por lo tanto, se convierte en un llamado a la acción para diseñar políticas y prácticas que aseguren que todos, independientemente de su ubicación o posición socioeconómica, tengan acceso equitativo a una energía asequible y sostenible.

2.3 Fundamentos de la metodología prospectiva

La prospectiva se basa en la historia y, a pesar de los cambios en las personas a lo largo de las épocas, los problemas tienden a mantenerse constantes. Para comprender sus objetivos, alcance y método, resulta útil explorar las ideas fundamentales que dieron origen a esta práctica tan común en la actualidad (Godet & Durance, 2011).

La institución de la prospectiva tuvo lugar en la década de 1950, gracias al filósofo Gaston Berger, quien formalizó esta disciplina como respuesta a una crítica a la toma de decisiones. Desde 1955, Berger se dedicó a desarrollar su argumento para asegurar que el futuro fuera sistemáticamente considerado en las decisiones humanas. Con este propósito, diseñó un nuevo método que reconciliaba el conocimiento con el poder, así como los objetivos con los medios disponibles, otorgando a los líderes políticos la capacidad de convertir sus visiones del futuro en acciones y convertir sus sueños en proyectos. En 1958, especificó las modalidades de este nuevo enfoque. Tras su fallecimiento en 1960, un grupo de "militantes" del núcleo político y económico francés asumió la tarea de perpetuar su pensamiento, difundiendo sus principios fundamentales y aplicándolos en la preparación de decisiones políticas importantes (Godet & Durance, 2011).

Por su parte Mojica (2005), menciona que la prospectiva es una disciplina que surgió con la finalidad de demostrar que no es necesario enfrentar pasivamente el futuro, sino que es viable construirlo activamente. Así, al examinar el futuro desde la perspectiva actual, se pueden identificar factores de cambio que permitan la implementación de medidas más apropiadas para el sector, aprovechando las ventajas de estar preparado para enfrentar las demandas del entorno. Es importante señalar que estas estrategias deben ser objeto de análisis y representan solo una de las numerosas soluciones posibles para los desafíos presentados. En este sentido, al explorar el desarrollo prospectivo del sector energético, se busca investigar y proponer diversos escenarios

que contribuyan al desarrollo sostenible de la región, centrándose en tres componentes fundamentales: sostenibilidad económica, sostenibilidad ambiental y sostenibilidad

El futuro, según Godet (1993), es un estado posterior al presente que no está predeterminado ni registrado en ninguna parte. Por ende, la prospectiva se dedica a comprender una multiplicidad de futuros, con la tarea de definir el mejor futuro deseado. La prospectiva no asume que el futuro es simplemente una extensión del pasado, ya que la interacción de diversos actores da lugar a un abanico de posibilidades para concretar sus proyectos e intereses.

Esta reflexión no solo pretende construir el futuro a partir del presente, sino también determinar e identificar el futuro deseado para orientar la acción presente en consecuencia (Godet M. , 1993) Para Godet, la apropiación intelectual y emocional es esencial para que la previsión se traduzca en acciones efectivas. La eficiencia organizacional surge de la combinación equilibrada entre el pensamiento racional, el deseo y las acciones concretas. La conjunción de la pasión y la razón, del corazón y el espíritu, constituye la clave del éxito de la acción y la realización personal.

Mojica (2010), sostiene que esta disciplina permite analizar el futuro para actuar con mayor certeza en el presente. Utilizando una metáfora, describe la prospectiva como una luz que ilumina el presente con la visión del futuro. Añade que el papel de la prospectiva es contribuir eficazmente a alcanzar ese futuro, seleccionando de manera inteligente las opciones más convenientes.

2.4 Teoría Prospectiva Aplicada al Desarrollo Energético

La teoría prospectiva aplicada al desarrollo energético se basa en la anticipación y exploración de futuros posibles en el ámbito energético. Teóricamente, este enfoque busca comprender las dinámicas de cambio a corto, mediano y largo plazo, al identificar tendencias emergentes y evaluar escenarios futuros alternativos. En el contexto energético, la prospectiva sirve como herramienta teórica y elemental para la planificación estratégica, permitiendo a los tomadores de decisiones anticiparse a los desafíos y oportunidades que podrían surgir en su momento propio. La teoría prospectiva considera la incertidumbre inherente al futuro y propone metodologías para desarrollar escenarios plausibles que orienten la formulación de políticas y estrategias en el desarrollo energético sostenible.

Hace algunos años, la planificación estratégica solía depender principalmente de un único método prospectivo: la extrapolación de las tendencias pasadas. No obstante, en la actualidad, especialmente en la planificación energética, se ha evolucionado hacia el uso de diversas metodologías y diseños prospectivos estratégicos. Estos enfoques se distinguen por ser implementados por equipos interdisciplinarios compuestos por expertos en áreas relevantes para el desarrollo de una planificación prospectiva estratégica (González y otros, 2014).

En sintonía con las reflexiones de Popper (2008) se destacan dos atributos fundamentales que definen los métodos de planificación prospectiva estratégica: su naturaleza y sus capacidades. En cuanto a su naturaleza, estos métodos pueden ser clasificados como cualitativos, cuantitativos o semicuantitativos. Este aspecto refleja la diversidad de enfoques que se pueden emplear para abordar la complejidad de los escenarios futuros.

En un escenario donde la diversificación es exitosa, Ecuador experimentaría un aumento considerable en la participación de fuentes renovables como la solar, eólica e hidroeléctrica en su matriz energética. Este éxito se basa en la promoción activa de la innovación tecnológica y en la implementación efectiva de políticas gubernamentales que ofrecen incentivos fiscales y subvenciones para facilitar la transición hacia una matriz más sostenible. Este escenario impacta positivamente en la identificación y promoción de fuentes renovables, fortalece la resiliencia de la infraestructura eléctrica ante vulnerabilidades climáticas y contribuye significativamente a la diversificación de la matriz energética en Ecuador.

En un escenario con desafíos en la implementación, factores políticos y económicos generan incertidumbre, obstaculizando la ejecución efectiva de políticas y proyectos de energía sostenible. La resistencia a adoptar nuevas tecnologías y prácticas, junto con la falta de incentivos claros, dificulta la transición hacia fuentes renovables. Este escenario puede impactar negativamente la identificación y promoción de fuentes renovables, así como la implementación de medidas de adaptación y resiliencia en la infraestructura eléctrica, afectando la meta de diversificar la matriz energética.

En un escenario de innovación tecnológica acelerada, Ecuador experimentaría un rápido avance en tecnologías energéticas, con empresas privadas participando activamente en la implementación de soluciones innovadoras. La adopción masiva de tecnologías limpias se convierte en una realidad, generando una demanda sostenida. Este escenario impacta positivamente en la identificación y promoción de fuentes renovables, fortalece la infraestructura

eléctrica para resistir los riesgos climáticos y acelera significativamente la diversificación de la matriz energética, asegurando una transición más rápida y sostenible.

2.5 Antecedentes del sector eléctrico ecuatoriano

El sector eléctrico ecuatoriano tiene una historia de más de 100 años. Los primeros esfuerzos por electrificar el país se dieron a principios del siglo XX, con la instalación de plantas termoeléctricas en las principales ciudades. En 1961, el gobierno ecuatoriano promulgó Mediante el Decreto Ley de Emergencia No. 24, del 23 de mayo, creando de este modo al Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), asignándole la responsabilidad de integrar el sistema eléctrico del Ecuador y al mismo tiempo que diseñe y ejecute un Plan Nacional de Electrificación que pueda satisfacer con eficiencia y eficacia todas las necesidades inherente a lo eléctrico a nivel nacional y que esta gestión quede alineada al Plan de Desarrollo Económico y Social del Ecuador (Espinosa, 2021). Bajo esta misma lógica, la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE), fue creando las siguientes instituciones:

El Consejo Nacional de Electricidad – CONELEC; El Centro Nacional de Control de Energía – CENACE; Las empresas eléctricas concesionarias de generación; La empresa eléctrica concesionaria de transmisión; y Las empresas eléctricas concesionarias de distribución y comercialización (Arizaga y Contreras, 2022)

Hoy en día, Corporación Nacional de Electricidad (CNEL), una empresa estatal que asumió la responsabilidad de la transmisión y distribución de electricidad en todo el país (Vera et al., 2019).

Los primeros esfuerzos por electrificar el país se dieron a principios del siglo XX, con la instalación de plantas termoeléctricas en las principales ciudades. En 1906, se construyó la primera planta termoeléctrica en Quito, con una capacidad de 100 kilovatios (kW). En 1911, se construyó la primera planta termoeléctrica en Guayaquil, con una capacidad de 250 kW (Reinoso, 2023)

En la década de 1920, se construyeron nuevas plantas termoeléctricas en otras ciudades del país, como Cuenca, Loja y Ambato. Sin embargo, el desarrollo del sector eléctrico fue lento y desigual, debido a la falta de recursos financieros y técnicos.

El gobierno de Rafael Correa (2007-2017) se caracterizó por una fuerte inversión en el sector eléctrico, lo que llevó a un importante auge en la producción y el consumo de electricidad en el Ecuador (Manzano, 2022).

Durante este período, se construyeron 17 nuevas centrales hidroeléctricas, con una capacidad instalada de 3.600 megavatios (MW). Estas centrales permitieron aumentar la capacidad instalada del sistema eléctrico ecuatoriano en un 40%.

Además, se extendió la red eléctrica a zonas rurales del país, lo que permitió electrificar a más de 1,5 millones de personas. De esta manera, la cobertura eléctrica en el Ecuador pasó del 80% al 97%.

El auge eléctrico durante el gobierno de Correa se basó en una serie de factores, entre los que se encuentran:

- La disponibilidad de recursos hídricos en el Ecuador.
- La necesidad de reducir la dependencia de las fuentes de energía fósiles.
- El compromiso del gobierno con la electrificación rural.

Los resultados de este auge eléctrico fueron significativos. El Ecuador pasó de ser un país con una cobertura eléctrica deficiente a uno de los países de América Latina con mayor acceso a la electricidad.

A nivel económico, el auge eléctrico contribuyó al crecimiento económico del país. La electricidad es un insumo importante para el sector productivo, por lo que su disponibilidad a precios competitivos generó oportunidades para el desarrollo industrial y la creación de empleo.

A nivel social, el auge eléctrico mejoró la calidad de vida de los ecuatorianos. La electricidad permite el acceso a servicios básicos como la iluminación, la refrigeración, la cocción de alimentos y el entretenimiento.

3. Marco metodológico

La metodología cualitativa utilizada en este estudio implica la recopilación, el análisis y la interpretación de datos no numéricos para comprender fenómenos complejos relacionados con la eficiencia energética en el sector eléctrico ecuatoriano. Este enfoque cualitativo se formó para explorar en profundidad las percepciones, opiniones, actitudes y experiencias de diversos actores relevantes, como expertos en energía, funcionarios gubernamentales, empresarios y miembros

de la sociedad civil. Se emplean técnicas como entrevistas semi-estructuradas, grupos focales y análisis de documentos para obtener una comprensión holística de los desafíos y oportunidades en el ámbito de la eficiencia energética.

Para el análisis de los datos, se emplea principalmente un enfoque explicativo. Esto implicó identificar y comprender las relaciones causales y los mecanismos subyacentes que explican los fenómenos observados en el ámbito de la eficiencia energética en el sector eléctrico ecuatoriano. Se busca ir más allá de la simple descripción de la situación actual para analizar las razones detrás de los desafíos identificados y proponer soluciones fundamentadas en un análisis riguroso de los datos recopilados. Así, se describen detalladamente los diferentes aspectos relacionados con la eficiencia energética en el sector eléctrico ecuatoriano, incluyendo la situación actual, los factores que influyen en ella, las tendencias identificadas y las posibles soluciones propuestas. Se utilizan gráficos, tablas y estadísticas para visualizar y organizar los datos de manera efectiva, facilitando así su interpretación y comprensión por parte de los lectores.

El estudio se fundamenta en una investigación no experimental, lo que significa que no se realizan manipulaciones deliberadas de variables ni se llevan a cabo intervenciones controladas. En lugar de eso, se centra en la recopilación y análisis de datos existentes, así como en la interpretación de estos datos para comprender más a fondo la situación actual y para proyectar posibles escenarios futuros. Este enfoque no experimental permite examinar y entender los fenómenos tal como se presentan en su entorno natural, sin intervenir en ellos de manera artificial. Se recopilan datos de diversas fuentes, como informes gubernamentales, estadísticas, documentos académicos y entrevistas cualitativas, para obtener una visión completa y precisa de la problemática abordada en el estudio.

3.1 Método de análisis de datos

Para el análisis de los datos, se realiza una combinación de 7 métodos diferentes los cuales se detallan uno por uno a continuación:

a) Análisis de proyecciones de demanda energética

Se utilizan técnicas de análisis de tendencias para examinar las proyecciones de demanda de energía por sector y por fuente para el período 2022-2025. Se identifican patrones de crecimiento y se evalúa la importancia de diversificar la matriz energética.

b) Análisis de potencial de recursos naturales

Se lleva a cabo un análisis cualitativo y cuantitativo del potencial de recursos naturales renovables en Ecuador, considerando factores como la radiación solar, la velocidad del viento, la disponibilidad de agua y la biomasa. Se utilizan técnicas de mapeo y modelado espacial para identificar áreas con alto potencial para la generación de energía renovable.

c) Análisis comparativo de fuentes de energía renovable

Se realiza un análisis comparativo cualitativo y cuantitativo de las fuentes de energía renovable viables en Ecuador, considerando criterios como disponibilidad, impacto ambiental, eficiencia y viabilidad económica. Se utilizan técnicas de análisis multicriterio para evaluar y clasificar las diferentes opciones de energía renovable.

d) Análisis de tendencias de generación de energía

Se aplican técnicas estadísticas y de series temporales para analizar las tendencias históricas de generación de energía renovable en Ecuador. Se identifican patrones de crecimiento, cambios en la contribución de cada fuente y posibles desafíos en la implementación de energías renovables.

e) Análisis de políticas y programas gubernamentales

Se realiza un análisis cualitativo de las políticas y programas gubernamentales relacionados con el desarrollo de energías renovables en Ecuador. Se identifican las principales iniciativas, metas y objetivos, así como los impactos potenciales en la transición hacia energías renovables.

f) Abaco Regnier

Adicionalmente, se aplicó un Abaco de Regnier, siguiendo la matriz de valoración y partiendo de los objetivos del estudio, se eligieron un total de ocho variables clave para ser extraídas mediante juicio de expertos reconocidos por su experiencia en el tema energético, usando matriz de valoración mediante una escala ordinal. Estas variables se obtienen del marco teórico y del diagnóstico del sector eléctrico ecuatoriano, justificando la descripción de las variables analizadas para explicar la construcción de escenarios prospectivos vinculados con la eficiencia energética hacia el 2030. A continuación, se describen de manera breve las variables seleccionadas:

Tabla 1*Variables seleccionadas*

N°	Tema	Descripción
1	Consumo	Nivel de uso de energía eléctrica en distintos sectores (residencial, etc.)
2	Generación	Producción de electricidad a partir de distintas fuentes energéticas
3	Fuente de energías renovables	Uso de recursos como solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa, etc.
4	Resiliencia de la infraestructura eléctrica	Capacidad del sistema eléctrico para resistir fallas, eventos climáticos
5	Diversificación de la matriz energética	Integración de diversas fuentes de energía para reducir dependencia
6	Vulnerabilidad climática	Riesgo del sistema eléctrico ante cambios climáticos extremos
7	Impacto ambiental	Efectos ecológicos de la producción y consumo de electricidad
8	Marco político	Conjunto de leyes y regulaciones del sector eléctrico
9	Incentivos financieros	Políticas públicas para fomentar inversiones energéticas
10	Desarrollo de recursos humanos	Capacitación y formación técnica para el sector energético
11	Monitoreo continuo	Seguimiento constante del rendimiento energético y del sistema
12	Optimización de embalses	Gestión eficiente de recursos hídricos para generación hidroeléctrica
13	Sistemas de regulación inteligentes	Uso de automatización para eficiencia en la red eléctrica
14	Proyecciones de demanda energética	Estimaciones del crecimiento del consumo hasta 2030
15	Potencial de recursos naturales	Disponibilidad real de solar, viento, agua, biomasa, etc.
16	Tendencias de generación	Patrón actual de producción energética (renovable vs. fósil).
17	Comparativo de fuentes renovables	Ventajas y desventajas actuales entre tecnologías renovables
18	Políticas y programas vigentes	Acciones gubernamentales actuales para fomentar eficiencia energética
19	Red eléctrica obsoleta	Infraestructura sin mantenimiento, con riesgo de apagones
20	Crisis hídrica	Sequía extrema que reduce generación hidroeléctrica
21	Ausencia de mantenimiento	Equipos defectuosos y pérdida de eficiencia energética
22	Desinversión en energías renovables	Se detienen proyectos por falta de presupuesto o interés político
23	Aumento de emisiones por uso fósil	Mayor dependencia del petróleo o gas

N°	Tema	Descripción
24	Retraso en políticas energéticas	Reformas detenidas, falta de aplicación o interés político
25	Débil capacidad técnica	Falta de personal capacitado para operar tecnologías modernas
26	Falta de monitoreo y control	Sin datos o seguimiento a indicadores de eficiencia

g) *Diseño de escenarios*

Con el enfoque puesto en el futuro del sector eléctrico ecuatoriano, hasta el 2030, se generaron tres escenarios prospectivos: Optimista, Tendencial y Pesimista, a través del Ábaco de Regnier en su calidad cuantificada. Esta herramienta que recogió las valoraciones y jerarquizó la opinión de los expertos en 26 variables principales, vinculadas a los aspectos técnicos, políticos, ambientales y sociales, afines a la eficiencia energética. Los resultados analizados partieron a su vez de una escala del 0 al 5, donde "5" es a "Muy importante" y "0" es a "Sin respuesta"; la media ponderada por variable configuró tres grupos en función de su importancia, percepciones y pertinencias contextuales al momento de cada escenario.

4. Resultados

En esta sección se presentan los resultados, en primer lugar, del proceso de construcción de escenarios (optimista, pesimista y tendencial) y de las medidas necesarias para alcanzar un escenario apuesta. Posteriormente, se presentan los resultados relacionados con cada uno de los tres objetivos específicos desarrollados.

4.1 Construcción de escenarios

Escenario Optimista: Esta hipótesis del sector eléctrico se apoya en una conceptualización profunda del mismo, que requiere de un conjunto de decisiones, muy alto nivel de inversión, avance tecnológico y gobernabilidad. En este caso se podría llegar a unos niveles altos de eficiencia, sostenibilidad y seguridad energética. Las variables que en este supuesto son las más valoradas por los expertos fueron:

- Consumo
- Generación
- Fuente de energías renovables
- Resiliencia de la infraestructura hidroeléctrica

- Diversificación de la matriz energética
- Vulnerabilidad climática
- Impacto ambiental
- Marco político
- Incentivos financieros
- Desarrollo de recursos humanos
- Monitoreo continuo
- Optimización de embalses
- Sistemas de regulación inteligentes

Escenario Tendencial: Corresponde a la proyección de la situación actual, con progresos lentos, pero sin llegar a una transformación estructural. Se corresponde a un sector que avanza, pero sin la urgencia y profundidad suficientes para llegar a la transición energética. Los expertos atribuyeron a este supuesto variables que ya están presente o bien que se encuentran en proceso de implantación, pero que todavía tienen un nivel de efectividad moderado:

- Proyecciones de demanda energética
- Potencial de recursos naturales
- Tendencias de generación
- Comparativo de fuentes renovables
- Políticas y programas vigentes

Escenario Pesimista: Refleja una situación extrema en la que diversos factores entorpecen la evolución del sector eléctrico, haciendo inviable su desarrollo, lo que comporta riesgos ambientales, sociales y económicos. Esta situación lleva a que la eficiencia energética se vea afectada notablemente por la desarticulación institucional, el deterioro de la tecnología y la falta de planificación estratégica. Las variables que se clasifican en este escenario son reflejo de las barreras estructurales expuestas por los expertos:

- Red eléctrica obsoleta
- Crisis hídrica
- Ausencia de mantenimiento
- Desinversión en energías renovables
- Aumento de emisiones por uso fósil
- Retraso en políticas energéticas
- Débil capacidad técnica
- Falta de monitoreo y control

Escenario apuesta: En base a los resultados alcanzados luego de la evaluación de expertos que se presenta a continuación, se propuso las respectivas medidas para alcanzar el escenario apuesta:

Tabla 2
Resultados logrados

VARIABLE	CALIFICACIÓN				
02.GENERACIÓN					
04. RESILIENCIA DE LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA					
01. CONSUMO					
07. IMPACTO AMBIENTAL					
11. MONITOREO CONTINUO					
05. DIVERSIFICACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA					
12. OPTIMIZACION DE EMBALSES					
13. SISTEMAS DE REGULACION INTELIGENTES					
14. PROYECCIONES DE DEMANDA ENERGÉTICA					
08. MARCO POLÍTICO					
09. INCENTIVOS FINANCIEROS					
10. DESARROLLO DE RECURSOS HUMANOS					
03. FUENTE DE ENERGÍAS RENOVABLES					
20. CRISIS HIDRICA					
16. TENDENCIAS DE GENERACIÓN					
06. VULNERABILIDAD CLIMÁTICA					
15. POTENCIAL DE RECURSOS NATURALES					
17. COMPARATIVO DE FUENTES RENOVABLES					
22. DESINVERSION EN ENERGÍAS RENOVABLES					
23. AUMENTO DE EMISIONES POR USO FÓSIL					
24. RETRASO EN POLÍTICAS ENERGÉTICAS					
26. FALTA DE MONITOREO Y CONTROL					
21. AUSENCIA DE MANTENIMIENTO					
18. POLÍTICAS Y PROGRAMAS VIGENTES					
25. DEBIL CAPACIDAD TÉCNICA					
19. RED ELÉCTRICA OBSOLETA					

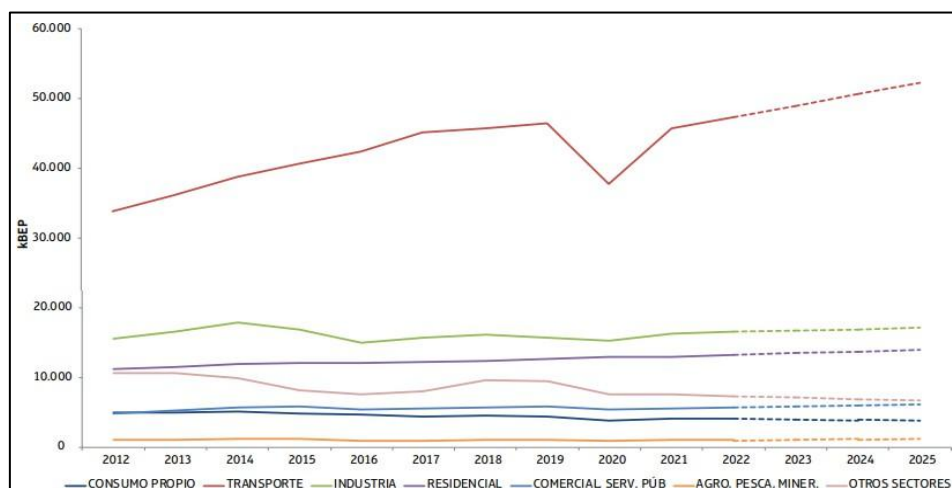
Las respectivas medidas para alcanzar el escenario apuesta se desarrollan con detalle en las siguientes tres sub-secciones del documento.

4.2 Fuentes de energía renovable viables en Ecuador para reducir la dependencia de recursos no renovables en el sector eléctrico

En el periodo 2022-2025, las proyecciones de demanda energética en Ecuador indican un aumento significativo, especialmente en los sectores de transporte, industrial y residencial. Este escenario, si se mantiene, llevaría a incrementos notables en la demanda de combustibles no renovables. Ante esta perspectiva, la búsqueda y desarrollo de fuentes de energía renovable se vuelve esencial como estrategia para reducir la dependencia de recursos no renovables en el sector eléctrico. En este contexto, se exploran las opciones más viables, destacando su potencial para diversificar la matriz energética y contribuir a la sostenibilidad ambiental en Ecuador (Ministerio de Energía y Minas de Ecuador, 2022).

Figura 1.

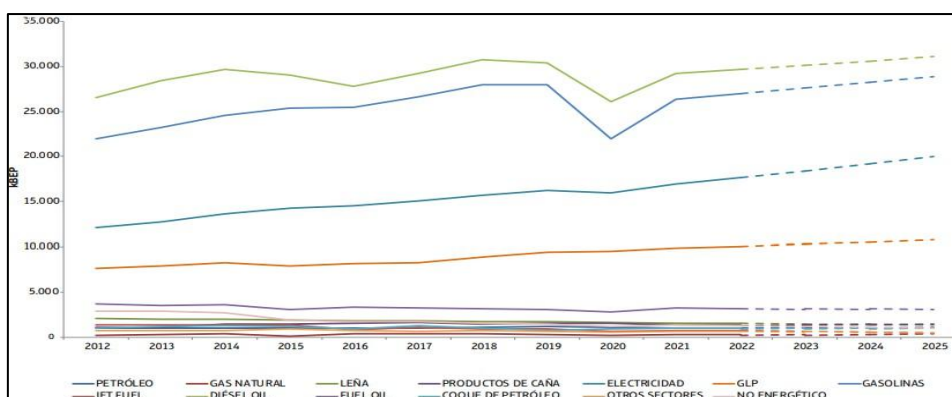
Proyección de demanda de energía por sector (kBEP)



Fuente: Balance Energético Nacional (2022).

Figura 2.

Proyección de demanda de energía por fuente (kBEP)



Fuente: Balance Energético Nacional (2022).

Ecuador tiene un gran potencial para desarrollar energías renovables, debido a su ubicación geográfica y sus recursos naturales. Las fuentes de energía renovables viables en Ecuador para reducir la dependencia de recursos no renovables en el sector eléctrico son las siguientes:

- **Energía solar:** Ecuador recibe una alta radiación solar, con un promedio de 5,5 kWh/m²/día. Esta energía puede ser aprovechada para generar electricidad a través de paneles solares fotovoltaicos. La energía solar es una fuente renovable, limpia y sostenible, que no produce emisiones de gases de efecto invernadero (Pesantez et al., 2021).
- **Energía eólica:** Ecuador tiene una gran superficie con vientos constantes, especialmente en la zona costera y en las zonas altas de la sierra. La energía eólica puede ser aprovechada para generar electricidad a través de aerogeneradores. La energía eólica es una fuente renovable, limpia y sostenible, que no produce emisiones de gases de efecto invernadero. (Carrión, 2021).
- **Energía hidroeléctrica:** Ecuador tiene una gran cantidad de ríos y cascadas, que pueden ser aprovechados para generar electricidad a través de centrales hidroeléctricas. La energía hidroeléctrica es una fuente renovable, limpia y sostenible, que no produce emisiones de gases de efecto invernadero (Suárez, 2021).
- **Biomasa:** Ecuador tiene una gran cantidad de biomasa, que puede ser aprovechada para generar electricidad a través de biodigestores. La biomasa es una fuente renovable, que puede ser utilizada para generar electricidad, calor o biocombustibles (Vélez-Solórzano y Valarezo-Molina, 2021).
- **Biodigestor en Ecuador:** El Gobierno de Ecuador ha establecido como objetivo que el 70% de la matriz energética del país sea renovable en 2030. Para alcanzar este objetivo, el gobierno está implementando una serie de políticas y programas para promover el desarrollo de las energías renovables (Messina, 2020). Entre estas políticas se encuentran la Ley Orgánica de la Energía Renovable y el Uso Racional de la Energía, que establece un marco legal para el desarrollo de las energías renovables; el Plan Nacional de Desarrollo Energético, que establece las metas y objetivos del sector energético ecuatoriano; y el Programa de Electrificación Rural, que tiene como objetivo electrificar las zonas rurales del país con energías renovables.

El desarrollo de las energías renovables en Ecuador tiene el potencial de reducir la dependencia de los combustibles fósiles, mejorar la calidad del aire y reducir las emisiones de

gases de efecto invernadero. Además, las energías renovables pueden contribuir al desarrollo económico y social del país, creando nuevos empleos y oportunidades de inversión.

La tabla 3, proporciona datos sobre la generación de energía en kilobarrels of oil equivalent (kBEP) a lo largo de los años para diferentes fuentes, como eólica, solar, aceite de piñón y otra biomasa.

Tabla 3
Oferta y demanda Otras Energías Primarias

ENERGIA	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
EÓLICA	1,49	35,13	49,41	61,22	52,02	45,48	49,73	52,99	47,77	38,42	37,54
SOLAR	0,20	2,27	10,21	22,34	24,01	23,22	23,59	23,31	23,4	22,84	23,86
ACEITE DE PIÑON	0,19	0,37	0,11	0,14	0,16	0,15	0	0,22	0,14	0,12	0
OTRA BIOMASA	0	0	0	0	48,56	97,65	159,22	149,15	159,83	152,33	150,21

Fuente: Balance Energético Nacional (2022)

Como se puede observar en la tabla 3, la generación de energía eólica ha experimentado un aumento significativo desde 2012 hasta 2015, con un pico de 61,22 kBEP en 2015. A partir de 2016, hay una disminución gradual, alcanzando 37,54 kBEP en 2022.

En cuanto a la generación de energía solar ha mostrado un crecimiento constante desde 2012 hasta 2021, con un aumento marcado entre 2014 y 2015. Aunque hay una ligera disminución en 2022, la generación solar sigue siendo relativamente constante y significativa.

Por otro lado, la generación de energía a partir de aceite de piñón es baja y muestra una tendencia a disminuir gradualmente. En 2020 y 2021, la generación fue nula, indicando una posible interrupción o cambio en la fuente de energía.

Por último, la generación de energía a partir de otra biomasa ha experimentado un aumento notable desde 2016 hasta 2019. Aunque hay una disminución en 2020 y 2021, la generación vuelve a subir en 2022.

Además del tema de la generación de energía renovable, en cuanto a la oferta y demanda de hidroenergía en gigavatios hora (GWh) para los años 2012-2022, en la tabla 4 se presenta información desglosada entre producción total, centrales eléctricas y autoprodutores.

Tabla 4*Oferta y demanda de hidroenergía (GWh)*

	<u>2012</u>	<u>2013</u>	<u>2014</u>	<u>2015</u>	<u>2016</u>	<u>2017</u>	<u>2018</u>	<u>2019</u>	<u>2020</u>	<u>2021</u>	<u>2022</u>
PRODUCCIÓN (1)	12.238	11.039	11.458	13.096	15.834	20.088	20.678	24.664	24.333	25.575	24.635
CENTRALES ELÉCTRICAS	11.727	10.525	10.935	12.399	15.103	19.007	19.304	22.987	22.747	23.783	22.937
AUTOPRODUCTORES	511	514	522	697	730	1.081	1.374	1.677	1.587	1.792	1.698
<u>TRANSFORMACIÓN TOTAL</u>	<u>12.238</u>	<u>11.039</u>	<u>11.458</u>	<u>13.096</u>	<u>15.834</u>	<u>20.088</u>	<u>20.67</u>	<u>24.664</u>	<u>24.33</u>	<u>25.575</u>	<u>24.635</u>

Como se puede notar, la producción total de hidroenergía ha experimentado fluctuaciones a lo largo de los años, desde 12,238 GWh en 2012 hasta 24,635 GWh en 2022. La producción muestra un aumento general hasta 2017, con un pico de 20,088 GWh, seguido de una tendencia creciente hasta 2022. Este incremento indica un aumento en la capacidad de generación hidroeléctrica a lo largo del tiempo.

Las centrales eléctricas, como parte de la producción total, han sido la principal contribuyente a la oferta de hidroenergía. La producción de las centrales eléctricas ha aumentado de 11,727 GWh en 2012 a 22,937 GWh en 2022. Este aumento sugiere una expansión en la capacidad de generación de las centrales hidroeléctricas durante el periodo analizado.

La contribución de los autoproductores a la oferta total de hidroenergía es significativamente menor en comparación con las centrales eléctricas. Aunque hay variaciones año a año, la tendencia general ha sido de un aumento modesto en la contribución de los autoproductores a lo largo del tiempo. La producción de autoproductores se sitúa en 1,698 GWh en 2022.

Finalmente, la cifra de transformación total representa la suma de la producción de las centrales eléctricas y los autoproductores, lo cual coincide con la producción total de hidroenergía. Esta cifra se mantiene consistente con los valores de producción total, confirmando que la generación hidroeléctrica proviene principalmente de las centrales eléctricas.

En otras palabras, Ecuador emerge como un candidato ideal para el desarrollo de energía solar, gracias a su excepcional radiación solar promedio de 5,5 kWh/m²/día. La implementación de paneles solares fotovoltaicos no solo presenta una alternativa limpia y sostenible, sino que también se perfila como una estrategia eficaz para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Este enfoque no solo apunta a satisfacer la creciente demanda energética sino también a fomentar la responsabilidad ambiental.

La extensa superficie de Ecuador, marcada por vientos constantes en la zona costera y las elevaciones de la sierra, ofrece un escenario promisorio para la energía eólica. Los aerogeneradores, aprovechando estos vientos de manera sostenible, se posicionan como una fuente adicional de generación eléctrica sin emisiones contaminantes. Este enfoque diversificado contribuye a la resiliencia de la matriz energética y alinea a Ecuador con prácticas más ecológicas.

Con sus abundantes ríos y cascadas, Ecuador destaca en el aprovechamiento de la energía hidroeléctrica. Las centrales hidroeléctricas, como fuente renovable y sostenible, pueden ejercer un papel fundamental en la matriz energética del país. Este enfoque no solo resalta la capacidad de Ecuador para aprovechar sus recursos naturales, sino que también garantiza una fuente de energía estable y de bajo impacto ambiental.

La biomasa, abundante en Ecuador, se convierte en un recurso valioso para la generación de electricidad a través de biodigestores. Esta fuente renovable no solo contribuye a la diversificación de la matriz energética, sino que también abre oportunidades para la producción de calor y biocombustibles. La integración de la biomasa representa un enfoque integral hacia la sostenibilidad y la gestión de residuos.

El gobierno ecuatoriano demuestra un compromiso serio hacia la transición a fuentes de energía renovable. Con objetivos ambiciosos que buscan que el 70% de la matriz energética sea renovable para 2030, se han implementado políticas robustas, como la Ley Orgánica de la Energía Renovable y el Uso Racional de la Energía, el Plan Nacional de Desarrollo Energético y el Programa de Electrificación Rural. Estas iniciativas respaldan activamente el desarrollo de energías renovables, creando un marco propicio para la inversión y la innovación.

El cambio hacia energías renovables en Ecuador no solo se traduce en una disminución de la dependencia de combustibles fósiles, sino que también conlleva mejoras significativas en la calidad del aire y una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, este enfoque renovable se proyecta como un catalizador clave para el desarrollo económico y social del país, generando empleo y abriendo nuevas oportunidades de inversión. El potencial impacto positivo no se limita solo a la esfera ambiental, sino que se extiende a la construcción de una base sólida para un futuro sostenible y próspero en Ecuador.

4.3 Medidas de adaptación y resiliencia en la infraestructura eléctrica para hacer frente a la vulnerabilidad climática y reducir los riesgos asociados

La evaluación de vulnerabilidades climáticas es esencial para comprender y mitigar los riesgos asociados con eventos climáticos extremos en el sector eléctrico de Ecuador; la exposición a fenómenos como El Niño, cambios en patrones de precipitación y eventos extremos puede afectar la infraestructura eléctrica, la generación de energía y la fiabilidad del suministro. Identificar áreas críticas y activos vulnerables permitirá desarrollar estrategias específicas de adaptación y resiliencia.

Para lograrlo se debe recopilar datos climáticos históricos, incluyendo patrones de temperatura, precipitación y eventos climáticos extremos, donde se usen fuentes confiables como instituciones meteorológicas y bases de datos climáticas. El análisis de tendencias a largo plazo en datos climáticos permite identificar cambios significativos, evaluar la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos y su relación con la generación de energía eléctrica.

El uso de modelos climáticos permite proyectar posibles escenarios futuros, estos modelos pueden considerar cambios en la frecuencia de eventos extremos y su impacto potencial en la infraestructura eléctrica. Además, la identificación de áreas críticas de la infraestructura eléctrica que podrían verse afectadas por eventos climáticos, permite evaluar la vulnerabilidad de subestaciones, líneas de transmisión, plantas de generación y otros activos clave.

Es crucial identificar activos específicos que podrían ser vulnerables a eventos climáticos extremos como equipos sensibles a condiciones climáticas adversas, ubicaciones propensas a inundaciones o deslizamientos de tierra, entre otros. Asimismo, se deben desarrollar índices de vulnerabilidad que cuantifiquen el riesgo en diferentes áreas y activos. Estos índices pueden basarse en factores como la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación.

Una vez identificados los riesgos se deben formular estrategias específicas para mitigar los riesgos identificados, lo que podría incluir medidas de ingeniería, cambios en la operación y mantenimiento, y desarrollo de planes de emergencia. Además, es necesario, evaluar los costos asociados con la implementación de medidas de adaptación frente a los beneficios esperados en términos de reducción de riesgos y aumento de la resiliencia.

Es importante, desarrollar un plan detallado de implementación, estableciendo pasos específicos, plazos y responsabilidades. Las acciones deben ser priorizadas en función de la urgencia y el impacto esperado. Se debe implementar un sistema de monitoreo continuo para

evaluar la efectividad de las medidas de adaptación a lo largo del tiempo, ajustando las estrategias según sea necesario.

En definitiva, enfrentar la vulnerabilidad climática y reducir los riesgos asociados en la infraestructura eléctrica de Ecuador es vital para garantizar un suministro confiable y sostenible. Por lo mencionado, a continuación, se describen las medidas de adaptación y resiliencia propuestas.

a) Diversificación de fuentes de generación eléctrica

Esta medida se centra en la necesidad de diversificar las fuentes de generación eléctrica en el sector energético ecuatoriano con el objetivo de reducir la dependencia de una sola fuente que pueda ser vulnerable a condiciones climáticas específicas. La diversificación implica la inclusión y promoción activa de diferentes fuentes de energía, especialmente las renovables, como la solar, eólica e hidroeléctrica. Aquí está una descripción detallada:

La diversificación de fuentes de generación eléctrica es ideal para reducir la vulnerabilidad del sector eléctrico a condiciones climáticas específicas y garantizar un suministro constante y confiable de energía. La dependencia de una sola fuente puede exponer al sistema a riesgos climáticos, afectando la estabilidad del suministro. Fomentar la diversificación con energías renovables como solar, eólica e hidroeléctrica contribuirá a una matriz más resiliente y sostenible.

Para su correcta implementación, se debe evaluar la composición actual de la matriz energética, identificando la proporción de participación de cada fuente de generación. Además, se debe analizar la dependencia de fuentes específicas y su vulnerabilidad a condiciones climáticas, donde se identifiquen oportunidades para la incorporación de nuevas fuentes de generación. Asimismo, la evaluación del potencial de expansión de energías renovables, como la solar, eólica e hidroeléctrica, considerando la viabilidad técnica y económica permitirá revisar y ajustar el marco normativo y político para facilitar la diversificación.

Complementariamente, se deben establecer incentivos financieros para proyectos de energías renovables, como créditos fiscales, subvenciones y tarifas preferenciales, para facilitar el acceso a financiamiento para proyectos de diversificación. Sumado a esto, la realización de estudios de viabilidad técnica y económica para proyectos de nuevas fuentes de generación y la evaluación de la rentabilidad y los beneficios ambientales de la diversificación, permitirán

desarrollar un plan estratégico a largo plazo que establezca metas específicas para la diversificación de la matriz energética, donde se definan plazos, objetivos cuantificables y pasos concretos para la implementación.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta es la promoción activa de proyectos de energías renovables mediante campañas de sensibilización y divulgación, donde se involucre a la comunidad y a actores clave para generar apoyo y conciencia sobre los beneficios de la diversificación.

Igualmente, capacitar a profesionales y trabajadores del sector eléctrico en nuevas tecnologías y prácticas asociadas a las fuentes de generación renovable; esto, con el fin de garantizar la capacidad técnica para la operación y mantenimiento de infraestructuras diversificadas.

Para verificar el éxito de implementación se debe contar con un sistema de monitoreo continuo para evaluar el desempeño de las nuevas fuentes de generación, donde se ajusten las estrategias según la evolución del mercado y la tecnología.

Ante ello, el impacto esperado es la diversificación de fuentes de generación eléctrica reducirá la dependencia de una sola fuente vulnerable a condiciones climáticas específicas. Se espera una mayor resiliencia del sistema eléctrico ante eventos climáticos adversos, una mayor seguridad en el suministro y una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

b) Mejora de la gestión del agua en centrales hidroeléctricas

Esta medida se enfoca en implementar acciones que mejoren la gestión del agua en las centrales hidroeléctricas, anticipándose a posibles cambios en los patrones de precipitación; puesto que la gestión eficiente del agua en las centrales hidroeléctricas es esencial para garantizar un suministro constante de energía, especialmente en un contexto donde los patrones climáticos pueden experimentar variaciones significativas. Esta medida aborda la optimización de embalses y sistemas de regulación, buscando adaptar las prácticas de gestión a las condiciones cambiantes del clima

La medida se justifica en vista de la necesidad de adaptarse a posibles cambios en los patrones climáticos y eventos climáticos extremos, lo que puede afectar la disponibilidad y gestión del agua. La optimización de embalses y sistemas de regulación asegura un uso más

eficiente de los recursos hídricos, maximizando la generación de energía sin comprometer la sostenibilidad del recurso.

Para ello se debe realizar la evaluación de vulnerabilidades hídricas donde se analice a detalle las vulnerabilidades específicas relacionadas con la gestión del agua en las centrales hidroeléctricas ya que se debe considerar posibles cambios en los patrones de precipitación y eventos climáticos extremos. Adicionalmente, se debe recopilar datos históricos y realizar estudios climáticos para comprender las tendencias y variabilidades en los patrones de precipitación en la región donde se encuentran las centrales hidroeléctricas.

Además, desarrollar estrategias para optimizar el uso de embalses, considerando la capacidad de almacenamiento, la liberación controlada de agua y la gestión de caudales para adaptarse a las condiciones climáticas cambiantes. La introducción de tecnologías avanzadas de control y monitoreo permite una gestión más dinámica y adaptativa de los recursos hídricos, ajustándose a las condiciones climáticas en tiempo real; donde se debe utilizar modelos predictivos basados en datos climáticos y de operación de las centrales para anticipar cambios en los niveles de agua y ajustar las estrategias de gestión de manera proactiva.

Para ello se debe proporcionar capacitación al personal de las centrales hidroeléctricas sobre las nuevas prácticas y tecnologías implementadas para una gestión más eficiente del agua; además de establecer una colaboración estrecha con las autoridades responsables de la gestión del agua a nivel regional y nacional para garantizar una coordinación efectiva y cumplir con las regulaciones existentes.

El impacto esperado es que la implementación exitosa de esta medida debería mejorar la resiliencia de las centrales hidroeléctricas ante condiciones climáticas cambiantes, garantizando una generación de energía más constante. La gestión mejorada del agua contribuirá a una mayor eficiencia en la generación hidroeléctrica, reduciendo pérdidas y optimizando la producción.

c) Coordinación interinstitucional

La coordinación interinstitucional busca establecer mecanismos efectivos de colaboración entre entidades gubernamentales, el sector privado y las comunidades locales. El objetivo principal es crear una respuesta conjunta y coordinada frente a eventos climáticos extremos que puedan afectar el sector eléctrico en Ecuador.

La coordinación interinstitucional permite optimizar la utilización de recursos al evitar duplicación de esfuerzos y garantizar una distribución eficiente de responsabilidades. Frente a

eventos climáticos extremos, la colaboración entre entidades gubernamentales, el sector privado y las comunidades locales agiliza la respuesta, minimizando el tiempo de intervención.

Para ello se debe identificar y clasificar las entidades gubernamentales, empresas del sector privado y comunidades locales es imperativo en la gestión y operación del sector eléctrico. También se debe realizar un análisis detallado de los roles y responsabilidades de cada entidad en situaciones de crisis climática, identificando fortalezas y debilidades. Al mismo tiempo, el establecimiento de protocolos claros de comunicación para facilitar la transmisión rápida y precisa de información entre todas las partes involucradas; la realización de simulacros y ejercicios periódicos para poner a prueba la efectividad de los mecanismos de coordinación, identificar posibles mejoras y familiarizar a los actores con los procedimientos; el desarrollo de una plataforma digital centralizada para compartir información en tiempo real sobre condiciones climáticas, estado de la infraestructura eléctrica y medidas de respuesta; el ofrecimiento de programas de capacitación y sensibilización a todos los actores involucrados, destacando la importancia de la coordinación efectiva y la colaboración en situaciones de crisis; la creación de comités de coordinación que incluyan representantes de todas las partes interesadas para tomar decisiones conjuntas y planificar estrategias de respuesta, contribuirán a fortalecer la resiliencia del sector eléctrico al mejorar la capacidad de respuesta y adaptación ante eventos climáticos adversos, minimizando interrupciones en el suministro eléctrico y optimizando la gestión de crisis.

4.4 Fomento de la diversificación de la matriz energética mediante la promoción de tecnologías innovadoras y la integración de soluciones energéticas más sostenibles

La diversificación de la matriz energética es un paso hacia la eficiencia y sostenibilidad en el sector eléctrico de Ecuador. Con base en los resultados analizados de las entrevistas aplicadas, se identifica que es esencial promover tecnologías innovadoras e integrar soluciones energéticas más sostenibles, vista como una estrategia para fomentar la adopción de tecnologías renovables en el sector eléctrico de Ecuador. Estos mecanismos buscan superar las barreras económicas que a menudo desalientan la transición hacia fuentes de energía más limpias. Se proponen medidas específicas que van desde exenciones fiscales y créditos tributarios hasta subsidios directos, con el objetivo de estimular la inversión y promover la diversificación de la matriz energética; estos incentivos se dirigen tanto a empresas como a hogares, reconociendo la importancia de la participación de ambos sectores en la consecución de objetivos sostenibles.

Además, se debe proporcionar deducciones fiscales corporativas en función de la inversión realizada en tecnologías renovables, alentando a las empresas a adoptar prácticas más sostenibles. Ofrecer reducciones en impuestos locales, como el impuesto sobre bienes inmuebles, a empresas que incorporen fuentes de energía renovable en sus instalaciones. Otra medida sería el establecimiento de créditos tributarios para empresas que realicen inversiones considerables en proyectos de infraestructura renovable, así como también proporcionar créditos tributarios a hogares que instalen tecnologías renovables en sus viviendas.

Estos incentivos y subvenciones detallados están diseñados para reducir los costos iniciales de adopción de tecnologías renovables, incentivando así la participación activa de empresas y hogares. Al hacerlo, se espera no solo acelerar la transición hacia una matriz energética más sostenible, sino también fortalecer la economía, crear empleo en el sector de energías renovables y mejorar la resiliencia del sistema eléctrico, este enfoque integral contribuirá significativamente a alcanzar los objetivos planteados para el sector eléctrico de Ecuador.

Conjuntamente, la implementación de campañas educativas y programas de concientización desempeña un papel fundamental en la transformación hacia un sector eléctrico más sostenible en Ecuador. Estos esfuerzos buscan informar y motivar a la población sobre las ventajas tanto económicas como ambientales de adoptar tecnologías sostenibles. Al brindar información clara y accesible, se pretende fomentar una comprensión sólida de la importancia de diversificar la matriz energética y utilizar fuentes renovables. Estos programas van más allá de la mera difusión de conocimientos, buscando inspirar un cambio de actitud y comportamiento hacia prácticas más limpias y sostenibles.

Al mismo tiempo, la creación de campañas multimedia, que incluyan videos, infografías y materiales impresos, explicando de manera accesible y atractiva los conceptos clave sobre energías renovables, eficiencia energética y los beneficios ambientales asociados. La colaboración con el sistema educativo para incorporar temas relacionados con la energía sostenible en los currículos escolares y universitarios. Organización de talleres y conferencias en instituciones educativas para profundizar la comprensión de estudiantes sobre la importancia de la sostenibilidad energética. La organización de eventos comunitarios y ferias especializadas en energía sostenible, donde expertos puedan interactuar con la comunidad y compartir información detallada sobre las tecnologías disponibles.

La creación de anuncios para televisión, radio y redes sociales, destacando los beneficios

económicos y medioambientales de la transición hacia una matriz energética más diversa y sostenible. Colaboración con medios de comunicación para realizar entrevistas y reportajes con expertos en energía sostenible, brindando información más detallada y experiencias prácticas. La implementación de programas de recompensas para aquellos que participen activamente en iniciativas de sostenibilidad, como descuentos en servicios, acceso a eventos especiales, o incluso incentivos financieros.

Estos esfuerzos detallados en educación y concientización buscan transformar la percepción pública y generar un compromiso más profundo con la sostenibilidad energética; al proporcionar información detallada y accesible, se espera que la población adquiera una comprensión más completa de los beneficios económicos y ambientales de la diversificación de la matriz energética. Además, al fomentar una mayor participación y comprensión a nivel comunitario, se creará un impulso positivo hacia la adopción de prácticas más limpias y sostenibles, mejorando la situación actual y contribuyendo a un cambio cultural hacia la sostenibilidad en el sector eléctrico de Ecuador.

Sin disminuir la importancia de todo lo mencionado, un elemento que aparece, de manera reiterativa en las entrevistas, como fundamental para el fomento de la diversificación de la matriz energética es el establecimiento de alianzas público-privadas. Estas alianzas buscan aprovechar la experiencia y los recursos tanto del sector público como del privado, junto con la participación activa de la sociedad civil, para desarrollar proyectos colaborativos que promuevan el uso de tecnologías limpias. Este enfoque integrado no solo aborda desafíos financieros, sino que también facilita la implementación de soluciones innovadoras al aprovechar la experiencia y los recursos complementarios de los diferentes sectores involucrados.

Una de las primeras acciones consiste en establecer metas y objetivos compartidos entre el gobierno, empresas y la sociedad civil orientadas hacia la transición de tecnologías limpias y la diversificación de la matriz energética; esto se logra a través de la creación de planes estratégicos conjuntos que delineen las responsabilidades, los plazos y los recursos necesarios para la implementación de proyectos sostenibles. Es clave, también la creación de fondos compartidos donde el gobierno, empresas y la sociedad civil contribuyan financieramente para respaldar proyectos específicos de energía sostenible. Así como colaboración en la identificación y aprovechamiento de oportunidades de financiamiento internacional para proyectos de energía limpia.

Estas colaboraciones no solo abordarían desafíos financieros, sino que también

permitirían la implementación de soluciones innovadoras y sostenibles, donde compartir responsabilidades y recursos facilitaría la ejecución eficiente de proyectos, mejorando la infraestructura, fomentando la adopción de tecnologías limpias y contribuyendo significativamente a la diversificación de la matriz energética en Ecuador. La colaboración entre los sectores público y privado no solo optimizaría la asignación de recursos, sino que también catalizaría el cambio hacia prácticas más sostenibles en el sector eléctrico.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

La identificación y promoción de fuentes de energía renovable viables en Ecuador emerge como una estrategia imperativa para contrarrestar el creciente escenario de dependencia de recursos no renovables en el sector eléctrico. Las proyecciones de aumento en la demanda energética, especialmente en los sectores clave, subrayan la necesidad de diversificar la matriz energética. El potencial de energía solar, eólica, hidroeléctrica y biomasa en Ecuador ofrece oportunidades significativas para lograr esta diversificación. A través de políticas gubernamentales, como la Ley Orgánica de la Energía Renovable y el Uso Racional de la Energía, y programas como el de Electrificación Rural, el país se encamina hacia un futuro más sostenible. Estos esfuerzos no solo apuntan a reducir las emisiones y mejorar la calidad del aire, sino que también respaldan el desarrollo económico y social, creando empleos y estableciendo los cimientos para un Ecuador más próspero y ecológico.

El desarrollo de medidas de adaptación y resiliencia en la infraestructura eléctrica de Ecuador se presenta como una estrategia esencial para enfrentar la vulnerabilidad climática y reducir los riesgos asociados en el sector. La evaluación detallada de las vulnerabilidades climáticas, respaldada por la recopilación de datos históricos, análisis de tendencias y modelamiento climático futuro, proporciona una base sólida para la identificación de áreas críticas y activos vulnerables. La implementación de estrategias específicas, como la diversificación de fuentes de generación eléctrica, la mejora de la gestión del agua en centrales hidroeléctricas y la coordinación interinstitucional, se dirige a fortalecer la resiliencia del sector.

La iniciativa de fomentar la diversificación de la matriz energética en Ecuador mediante la promoción de tecnologías innovadoras y soluciones energéticas sostenibles es esencial para avanzar hacia un sector eléctrico eficiente y sostenible. La implementación de incentivos y subvenciones, como exenciones fiscales, créditos tributarios y subsidios directos, busca superar

barreras económicas y acelerar la adopción de tecnologías renovables tanto por parte de empresas como de hogares. Además, los esfuerzos educativos y de concientización buscan transformar la percepción pública, creando un impulso positivo hacia la sostenibilidad. La formación de alianzas público-privadas, con metas compartidas, financiamiento conjunto y desarrollo de proyectos piloto, emerge como un enfoque integral que no solo aborda desafíos financieros, sino que también facilita la implementación de soluciones innovadoras y sostenibles. En conjunto, estas medidas tienen el potencial de catalizar un cambio significativo en el sector eléctrico ecuatoriano, mejorando la resiliencia, reduciendo la dependencia de fuentes no sostenibles y promoviendo un futuro energético más limpio y diversificado.

5.2 Recomendaciones

Con base en la conclusión de que la identificación y promoción de fuentes de energía renovable son esenciales para contrarrestar la dependencia de recursos no renovables en el sector eléctrico de Ecuador, se sugiere continuar fortaleciendo e implementando políticas gubernamentales proactivas. Es fundamental impulsar y expandir aún más las iniciativas actuales, como la Ley Orgánica de la Energía Renovable y el Uso Racional de la Energía y el programa de Electrificación Rural. Además, se recomienda la exploración y promoción de nuevas políticas que fomenten la inversión y el desarrollo de tecnologías renovables, incentivando la participación del sector privado. La colaboración público-privada puede desempeñar un papel clave en la creación de un entorno propicio para la expansión de fuentes de energía sostenible en Ecuador.

Considerando la importancia del desarrollo de medidas de adaptación y resiliencia en la infraestructura eléctrica de Ecuador, se recomienda mantener un enfoque proactivo y continuo en la evaluación y actualización de estrategias. Es esencial establecer mecanismos regulares de monitoreo y evaluación para medir la efectividad de las medidas implementadas a lo largo del tiempo. Además, se sugiere la implementación de ejercicios periódicos de simulacros y pruebas para poner a prueba la resiliencia del sistema en situaciones simuladas de eventos climáticos extremos.

Considerando la conclusión sobre la importancia de la diversificación de la matriz energética en Ecuador, se recomienda fortalecer y expandir las iniciativas existentes, asegurando la continuidad y adaptabilidad de los programas de incentivos y subvenciones. Para lograr esto, es crucial mantener una revisión periódica de la efectividad de estos mecanismos, ajustándolos según sea necesario para abordar desafíos emergentes y aprovechar nuevas oportunidades

tecnológicas. Se sugiere intensificar los esfuerzos educativos y de concientización, incorporando enfoques innovadores para llegar a segmentos específicos de la población. La creación de programas educativos adaptados a diferentes niveles educativos y la colaboración con líderes de opinión y figuras públicas pueden contribuir a generar un mayor impacto y conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad energética.

Bibliografía

- Acosta-Banda, A., Tobón, S., y Aguilar-Esteva, V. (2020). Recursos eólicos y solar para la sustentabilidad energética desde el enfoque socioformativo. . *Ciencia UANL*, 23(101), 32-41.
- Arizaga, J., y Contreras, J. (2022). *Análisis y rediseño de las instalaciones eléctricas en la planta Dakpoint SA de papel Tissue km 24 Chongón*.
- Camarda, M. (2020). Just-In-Time y Eficiencia Energética: implicancias en los sistemas de Gestión de la Energía y procesos de descarbonización de sistemas industriales. . *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, 28(48).
- Carrión, D. (2021). *Modelo conceptual de la formación de tormentas en la Sierra Sur de Ecuador, caso de estudio*.
- Cristofer, R., Santiago, C., Javier, C., y Catalina, R. (2023). Panorama Energético de los Biocombustibles en el Ecuador. . *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 10254-10275.
- Cueva, J., Chileno, E., y Vega, J. (2022). *Simulación de generación fotovoltaica para uso de una red interior para mejorar la sostenibilidad energética en plantas industriales, Perú 2022*.
- Espinosa, J. (2021). *La importancia del sector eléctrico en el Ecuador, el nexo entre el consumo de energía eléctrica y crecimiento económico en el contexto de un país petrolero*.
- Filgueiras, M., Alberto, E., y Elías, L. (2022). Experiencias en la impartición del tema sobre Economía Circular en la carrera de Ingeniería Eléctrica. . *Ingeniería Energética*, 43(3), 80-89.
- Godet, M. (1993). *De la Anticipación a la Acción*. Paris: Marcombo.
- Godet, M., & Durance, P. (2011). *La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios*. DUNOD.
- Gómez, J. (2021). Eficiencia energética en el sector industrial. . *Cuadernos Orkestra*.
- González, P., Serrano, L., Barzarte, R., & González, G. (2014). Métodos de Planificación Prospectiva Estratégica y su Aplicación en el Sector Energía. *Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2014)*.
- Manzano, M. (2022). *Situación actual del sector eléctrico ecuatoriano y sus desafíos*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar.
- Marcos, F., de la Cruz, Á., y Celemin, M. (2021). Vivienda y salud: eficiencia energética, urbanismo sostenible y agenda 2030. Conclusiones y futuro. . *Revista de Salud Ambiental*, 21(1), 56-64.
- Matteo, C. (2022). Sustentabilidad Energética: un panorama en la industria petrolera global. . *LOGINN Investigación Científica y Tecnológica*, 6(1).
- Mendoza de la Torre, J. (2023). *Estudio y mejora de la eficiencia energética y sostenibilidad del Colegio Mayor Hernando Colón de Sevilla*.

- Messina, D. (2020). *Contribuciones determinadas a nivel nacional del sector eléctrico en América Latina y el Caribe: análisis de la transición hacia el uso sostenible de las fuentes energéticas*.
- Ministerio de Energía y Minas de Ecuador. (2022). *BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL*. QUITO: Ministerio de Energía y Minas de Ecuador.
- Mojica, F. (2005). *La Construcción del Futuro*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Mojica, F. (2010). *Introducción a la prospectiva estratégica*. Bogotá: Universidad de Externado de Colombia.
- Parrilla, L., y Prieto, F. (2023). *Factibilidad energética y económica de sistema fotovoltaico conectado a red eléctrica con seguidor solar para un cliente industrial en la región de Piura*.
- Pesantez, J., Ríos, A., y Redrován, J. (2021). Integración de Sistemas Solares Fotovoltaicos en el Sector Camaronero Intensivo y Extensivo del Ecuador: Caso de Estudio en la Provincia de El Oro. *Revista Politécnica*, 47(2), 7-16.
- Popper, R. (2008). "How are foresight methods selected?". *Foresight*.
- Reinoso, G. (2023). *Obstáculos a la transición energética en Ecuador: el caso de la generación eléctrica a partir de fuentes fotovoltaicas*.
- Sánchez, J., Rivera, R., y Vera, J. (2021). La sostenibilidad energética con paneles solares y su relación económico-social en la incertidumbre para el desarrollo regional de México. . *Inquietud Empresarial*, 21(2), 97-110.
- Suárez, A. (2021). *Energías renovables como alternativa de respuesta energética ante emergencias*.
- Torres, Y. (2020). La eficiencia energética y el ahorro energético residencial. *South Sustainability*, 1(1, e011-e011.).
- Vélez-Solórzano, E., y Valarezo-Molina, L. (2021). La biomasa como fuente energética para la optimización del servicio eléctrico. Caso: cantón Chone, Ecuador. . *Dominio de las Ciencias*, 7(4), 906-927.
- Vera, A., Balderamo, N., Pico, G., Rodríguez, E., y Davila, M. (2019). REALIDAD ACTUAL DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO. *REVISTA RIEMAT*, 6-10.