



TRABAJO DE GRADO
Opción Seminario-Diplomado.

Transición Energética en Colombia: un enfoque sistémico hacia la sostenibilidad

Corporación Universitaria Remington.
Facultad de Ingeniería
Nombre del programa académico: Ingeniería Industrial

Autora del trabajo de grado.
Mayra Alejandra Bernal Ávila.
Opción de Trabajo de grado Seminario-Diplomado.
2025.

Dedicatoria

A la memoria de mi madre, quien con su amor, esfuerzo y valentía marcó de manera indeleble mi vida. Aunque su partida dejó un profundo vacío, su fortaleza en medio de la lucha contra la insuficiencia renal crónica me enseñó a perseverar, a valorar cada día y a nunca rendirme frente a la adversidad. Este logro académico es reflejo de sus enseñanzas, de sus sacrificios y de la confianza que siempre depositó en mí.

Asimismo, dedico este trabajo a mi hija Isabella, quien llegó a mi vida en medio de la tristeza y se convirtió en mi luz, mi motor y la razón más poderosa para seguir construyendo un mejor futuro. Su presencia me recuerda que el amor trasciende cualquier dificultad y que siempre hay motivos para avanzar con esperanza y determinación.

Este trabajo de grado, fruto de esfuerzo, disciplina y dedicación, es un homenaje a la memoria de mi madre y al presente lleno de vida que representa mi hija. A ellas, con todo mi corazón, les entrego este triunfo.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios, fuente de fortaleza y sabiduría, por permitirme culminar con éxito este proceso académico y personal.

A mi madre, cuya memoria permanece viva en cada uno de mis logros y cuya fortaleza continúa inspirando mis pasos.

A mi esposo, por su acompañamiento constante, su apoyo incondicional y la motivación que me brindó a lo largo de este camino.

A mi hija Isabella, quien representa mi mayor fuente de inspiración y motor para seguir superando retos y construyendo un futuro con esperanza.

A mi familia, por sus palabras de aliento y respaldo en los momentos más exigentes de esta etapa.

A mis docentes y a la institución educativa, por la orientación, la transmisión de conocimientos y las herramientas brindadas para mi formación profesional.

Y, en general, a todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron al desarrollo de este trabajo de grado, mi más sincero reconocimiento.

Tabla de Contenidos

Resumen.....	5
Marco conceptual y contextual	6
Definiciones clave.....	7
Planteamiento del problema.....	8
Objetivos	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos.....	9
Metodología	9
Fases del proceso metodológico	9
Desarrollo e implementación del aprendizaje.....	11
SIPOC del Sistema	12
Caracterización del sistema.....	14
Flujos Principales del Sistema	14
Diagnóstico del sistema	14
Tabla. Propuestas de mejora para la adopción de energías renovables en Colombia.....	15
Conclusiones	19
Referencias.....	20

Resumen

La transición energética es uno de los mayores retos y a la vez una gran oportunidad para Colombia, un país que durante mucho tiempo ha dependido del petróleo, el carbón y el gas. Este trabajo de grado analiza, usando el enfoque del pensamiento sistémico, todos los elementos, actores y dinámicas que participan en el cambio hacia un modelo basado en energías renovables, con el objetivo de entender cómo se relacionan y proponer ideas que ayuden a lograr la sostenibilidad.

Este proceso no es algo simple ni lineal, sino que se trata de un sistema complejo donde intervienen varias dimensiones. Entre las más importantes están: las políticas y leyes que pueden impulsar o frenar la inversión en energías limpias; las empresas de energía que necesitan cambiar su forma de operar; la ciudadanía, que juega un papel clave como consumidora y promotora del cambio; los avances tecnológicos, que ayudan a reducir costos y mejorar la eficiencia; y los impactos ambientales y sociales que exigen soluciones urgentes.

Por medio de herramientas como mapas causales y diagramas de retroalimentación, se identifican los principales ciclos que afectan el sistema. Entre ellos están los ciclos positivos que ocurren cuando hay incentivos del gobierno, innovación tecnológica y aceptación social; y también los ciclos de resistencia, relacionados con la dependencia económica de los combustibles fósiles y las dificultades en la infraestructura.

El trabajo se centra en proponer un modelo sistémico que permita visualizar escenarios de corto, mediano y largo plazo, mostrando cómo las decisiones políticas, empresariales y sociales pueden acelerar o frenar la transición. Se destaca el caso de regiones como Casanare, en donde proyectos de energía solar y agro fotovoltaica se convierten en experiencias piloto que integran sostenibilidad energética y desarrollo local.

Finalmente, se concluye que la transición energética en Colombia solo será viable si se entiende como un proceso sistémico, en el que las soluciones deben integrar factores económicos, sociales, tecnológicos y ambientales. El pensamiento sistémico se plantea así como una herramienta fundamental para diseñar estrategias que permitan avanzar hacia un futuro más sostenible, resiliente y equitativo

Palabras clave

Transición energética, Energías renovables, Pensamiento sistémico, Sostenibilidad, Cambio climático, Colombia.

Marco conceptual y contextual

En este estudio se adopta el pensamiento sistémico como enfoque central, ya que permite comprender la interacción de los diferentes elementos que conforman la transición energética: regulaciones, actores institucionales, innovación tecnológica, inversión, comportamiento social y medio ambiente. El pensamiento sistémico reconoce que los cambios en una parte del sistema generan efectos en otras, por lo que se convierte en una herramienta fundamental para identificar bucles de retroalimentación, dinámicas de resistencia y palancas de cambio que influyen en el proceso de transición.

Colombia ha desarrollado un marco legal robusto para impulsar la transición energética. La Ley 1715 de 2014 (Congreso de la República, 2014) fue el punto de partida para promover el uso de FNCER y la autogeneración de energía. Posteriormente, la Ley 2099 de 2021 (Congreso de la República, 2021a) modernizó el sector al incorporar tecnologías como el hidrógeno y fortalecer incentivos tributarios. De igual forma, la Ley 2169 de 2021 (Congreso de la República, 2021b) estableció la meta de carbono neutralidad para el año 2050, alineando la política energética con los compromisos del Acuerdo de París. A esto se suman el CONPES 4075 de 2022 (Departamento Nacional de Planeación, 2022) y la Estrategia Nacional de Comunidades Energéticas (Departamento Nacional de Planeación, 2023), orientada a descentralizar la generación y empoderar territorios rurales a través de proyectos solares y eólicos.

Estos avances normativos se enmarcan en un contexto en el que la matriz energética colombiana todavía depende en gran medida de los combustibles fósiles: petróleo, carbón y gas representan más del 75 % de la oferta total. Sin embargo, los últimos años han evidenciado avances notables en energías renovables. La capacidad instalada en tecnologías solar y eólica pasó de menos de 30 megavatios en 2018 a más de 700 megavatios en 2022, y se proyecta que alcance 2.800 megavatios en la próxima década. Ejemplos emblemáticos son el parque Bosques Solares de Bolívar (2024) y el proyecto eólico Windpeshi en La Guajira, adquirido por Ecopetrol con una inversión estimada de 350 millones de dólares.

Este trabajo se desarrolla en el marco del seminario orientado a pensamiento sistémico aplicado a la gestión y toma de decisiones, donde se analizan sistemas complejos desde una perspectiva integral. La transición energética constituye un ejemplo práctico de aplicación de estas herramientas, dado que involucra múltiples actores, factores y retroalimentaciones que deben analizarse mediante diagramas causales, mapas sistémicos y simulaciones de escenarios.

El enfoque del pensamiento sistémico permite evaluar la efectividad de políticas públicas, identificar ciclos reforzadores y compensadores que aceleran o frenan la transición, y proponer estrategias que reduzcan resistencias y maximicen el impacto positivo en términos de sostenibilidad, equidad y desarrollo económico.

Si bien el presente estudio no se ejecuta en una organización específica, se centra en el análisis del sistema energético colombiano, con énfasis en la interacción entre gobierno, sector empresarial, comunidades y consumidores. A través de esta aproximación, se busca generar propuestas aplicables para la planificación estratégica en el sector energético, considerando tanto las barreras estructurales como las oportunidades de innovación y desarrollo sostenible.

Definiciones clave

Transición energética

La transición energética se entiende como el proceso de transformación de un modelo basado en combustibles fósiles hacia uno fundamentado en fuentes de energía más limpias y sostenibles. No es solo un cambio tecnológico, sino también económico, social y político. “La transición energética implica sustituir progresivamente los combustibles fósiles por energías renovables, mejorar la eficiencia energética y garantizar la sostenibilidad ambiental del sistema energético” (Agencia Internacional de Energía [IEA], 2023).

Energías renovables

Las energías renovables provienen de recursos naturales inagotables a escala humana, como el sol, el viento, el agua y la biomasa. Según Naciones Unidas (2022), “las energías renovables son esenciales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y combatir el cambio climático, al tiempo que permiten el acceso universal a energía limpia”.

Energías sostenibles

El concepto de energías sostenibles integra no solo la disponibilidad de la fuente, sino también su capacidad para garantizar viabilidad social, económica y ambiental en el largo plazo. Para la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI, 2021), “la energía sostenible es aquella que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, promoviendo simultáneamente la equidad social y el crecimiento económico”.

Pensamiento sistémico

Es un enfoque que permite comprender fenómenos complejos analizando las interrelaciones entre sus componentes, más que de manera aislada. “El pensamiento sistémico es una metodología que busca identificar patrones, retroalimentaciones y dinámicas que configuran el comportamiento de un sistema en su totalidad” (Senge, 2006).

Sostenibilidad energética

Se refiere a la capacidad de garantizar un suministro energético continuo, seguro y asequible, minimizando al mismo tiempo los impactos ambientales y sociales.

“La sostenibilidad energética implica asegurar la disponibilidad futura de energía a través del uso racional de los recursos, la diversificación de fuentes y la innovación tecnológica” (World Bank, 2022).

Planteamiento del problema

La dependencia histórica de Colombia hacia los combustibles fósiles como fuente primaria de energía ha generado un modelo económico y social difícil de transformar en el corto plazo. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2023), más del 75 % de la oferta energética en el país proviene de petróleo, carbón y gas, lo que refleja una fuerte dependencia de estas fuentes no renovables. Esta situación coincide con lo planteado por Murgas (2024), quien señala que dicha dependencia crea una alta vulnerabilidad fiscal y social en regiones minero-energéticas.

A pesar de los avances normativos y tecnológicos, la transición hacia un sistema energético sostenible enfrenta obstáculos significativos. Entre estos se destacan la insuficiente infraestructura de transmisión, la dependencia fiscal y laboral de regiones extractivas, las demoras en la expedición de licencias ambientales y la resistencia social por falta de participación en los proyectos (Ministerio de Minas y Energía, 2024; Parra & Pérez, 2022). Estos factores limitan la capacidad del país para cumplir con las metas de descarbonización establecidas en la Ley 2169 de 2021.

Adicionalmente, el crecimiento de la demanda energética, impulsado por el desarrollo industrial y el aumento poblacional, presiona aún más la necesidad de diversificar la matriz con fuentes renovables. La CAF (2024) advierte que, si no se acelera la adopción de energías limpias, la región latinoamericana —y en particular Colombia— enfrentará serias dificultades para garantizar seguridad energética y sostenibilidad ambiental.

Sin embargo, la adopción de energías limpias no solo es un reto técnico, sino también un desafío sistémico, ya que involucra múltiples actores —Estado, empresas, comunidades y usuarios— cuyas interacciones pueden acelerar o frenar el cambio. Esto coincide con lo planteado por Senge (2006), quien afirma que los sistemas complejos requieren un análisis integral para comprender cómo las decisiones de ciertos actores generan impactos en cascada en todo el sistema.

Este panorama plantea la pregunta central:

¿Cómo aplicar el pensamiento sistémico para identificar las dinámicas, barreras y oportunidades que inciden en la transición energética en Colombia, de manera que se diseñen estrategias que promuevan un cambio sostenible, equitativo y eficiente?

Objetivos

Aplicar el pensamiento sistémico en el análisis dinámicas, barreras y oportunidades que influyen en la transición energética hacia fuentes renovables en Colombia.

Objetivo general.

Plantear estrategias que faciliten la transición hacia energías renovables, considerando dimensiones económicas, sociales, tecnológicas y ambientales.

Objetivos específicos.

1. Caracterizar el sistema energético colombiano bajo un enfoque de pensamiento sistémico, identificando actores, variables clave y relaciones de causalidad.
2. Diagnosticar el estado actual de la transición energética en Colombia mediante el análisis de políticas públicas, proyectos implementados y barreras existentes.
3. Analizar las oportunidades de mejora y los ciclos de retroalimentación que influyen en la transición energética, empleando herramientas sistémicas como diagramas causales.
4. Proponer lineamientos estratégicos que contribuyan a acelerar la transición energética de manera sostenible e inclusiva.

Metodología

La presente investigación se desarrollará bajo un enfoque cualitativo-descriptivo, con aplicación del pensamiento sistémico como eje metodológico para comprender la complejidad de la transición energética en Colombia. Se busca identificar y analizar las dinámicas, barreras y oportunidades que intervienen en este proceso, articulando las dimensiones económicas, sociales, tecnológicas, ambientales y políticas.

Fases del proceso metodológico

1. **Revisión documental y normativa:**
Se realizará una búsqueda y análisis de fuentes secundarias, incluyendo artículos académicos, informes técnicos de organismos nacionales e internacionales, normatividad vigente en materia de energía y sostenibilidad, y reportes de entidades gubernamentales como el Ministerio de Minas y Energía y la UPME.
2. **Recolección de información cualitativa:**
Para complementar la revisión documental, se aplicarán entrevistas

semiestructuradas a expertos del sector energético (académicos, funcionarios públicos y representantes empresariales) y a líderes comunitarios de regiones vinculadas a proyectos de transición energética.

3. **Organización y sistematización de la información:**

La información recolectada será categorizada en torno a variables clave (económicas, sociales, tecnológicas, ambientales y políticas), lo que permitirá reconocer patrones y relaciones dentro del sistema energético colombiano.

4. **Análisis sistémico:**

Con base en los datos obtenidos, se elaborarán **mapas causales** y **diagramas de retroalimentación** que representen la interacción entre actores y factores determinantes en la transición energética. Este análisis permitirá identificar tanto bucles que aceleran el cambio como aquellos que generan resistencia.

5. **Propuesta de lineamientos estratégicos:**

A partir del análisis sistémico, se formularán recomendaciones y lineamientos orientados a fortalecer la sostenibilidad y la equidad en la transición energética del país, destacando casos de referencia como los proyectos de energía solar y agro fotovoltaica en Aguazul, Casanare.

Desarrollo e implementación del aprendizaje

La aplicación de los conceptos estudiados en el curso permitió analizar la transición energética en Colombia como un sistema complejo, en el que interactúan múltiples actores y variables interdependientes. A través del enfoque de pensamiento sistémico, se construyeron mapas causales que muestran cómo factores económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y políticos inciden en la transformación de la matriz energética.

Entre los resultados más relevantes se identificaron bucles de retroalimentación positiva, como el efecto que generan los incentivos estatales en la inversión en energías renovables, lo que a su vez impulsa la reducción de costos tecnológicos y favorece una mayor adopción social de estas fuentes de energía. De igual manera, se reconocieron bucles de retroalimentación negativa, vinculados a la dependencia fiscal de los combustibles fósiles, la demora en la expedición de licencias ambientales y la resistencia social derivada de la falta de participación comunitaria en los proyectos.

La implementación de este análisis en el contexto nacional evidenció que la transición energética en Colombia no es solo un reto técnico, sino también social y político. La diversificación de la matriz energética requiere integrar energías limpias como la solar, eólica, hidroeléctrica y biomasa, articulando políticas públicas coherentes, inversión empresarial y participación ciudadana.

Asimismo, al comparar con experiencias internacionales y regionales, se observa que los países que avanzan con mayor rapidez en su transición energética han logrado establecer marcos regulatorios estables, fomentar la innovación tecnológica y garantizar la inclusión social en la toma de decisiones. Esto demuestra que Colombia debe fortalecer la coordinación entre Estado, empresas y comunidades para reducir las resistencias y maximizar los beneficios de la transición.

En Colombia, el sistema eléctrico está compuesto por varias etapas fundamentales que aseguran el suministro de energía a los usuarios finales. La **generación** corresponde a la producción de electricidad a partir de diversas fuentes como hidroeléctricas, térmicas, solares, eólicas o de biomasa. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2023), la matriz colombiana depende en gran medida de la generación hidroeléctrica, aunque en los últimos años ha crecido la participación de fuentes no convencionales renovables.

Posteriormente, la electricidad pasa al proceso de **transmisión**, que consiste en transportar la energía desde los centros de generación hacia los centros de consumo a través de redes de alta tensión. Los **transmisores** son las empresas responsables de garantizar que la energía fluya de manera segura y confiable a largas distancias, evitando pérdidas significativas.

Una vez transmitida, entra en la etapa de **distribución**, en la que la energía se transforma a voltajes más bajos y se entrega a usuarios residenciales, comerciales e industriales. En este nivel, las empresas **distribuidoras** son responsables de la operación y el mantenimiento de las redes que llegan directamente a los consumidores.

Finalmente, los **usuarios** constituyen la etapa de **consumo**, que incluye hogares, industrias, transporte y comunidades rurales o urbanas. Este flujo integral garantiza que la energía generada en las fuentes primarias llegue de manera efectiva a toda la población, con impactos económicos, sociales y ambientales.

A partir de esta comprensión, se presenta el **SIPOC del sistema de transición energética en Colombia**, que permite visualizar de manera general los actores, entradas, procesos, salidas y usuarios del sistema.

SIPOC del Sistema

- **Proveedores (Suppliers):**
Estado, empresas energéticas, organismos internacionales, comunidades, inversionistas privados.
- **Entradas (Inputs):**
Recursos naturales (solar, eólico, hídrico, biomasa), inversión económica, políticas y regulaciones, conocimiento tecnológico.
- **Proceso (Process):**
Planeación → Regulación → Construcción de proyectos → Generación de energía → Transmisión → Distribución → Consumo.
- **Salidas (Outputs):**
Energía renovable disponible, diversificación de la matriz, reducción de emisiones, empleo verde.
- **Clientes/Usuarios (Customers):**
Hogares, industrias, transporte, comunidades rurales y urbanas.

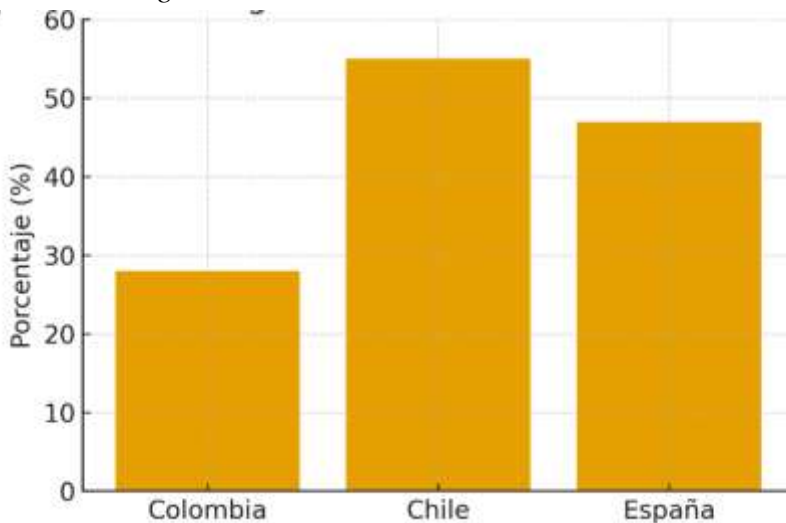
Grafica 1.*Participación de Energías Renovables.*

Tabla 1.

Comparación internacional de participación de energías renovables y factores de avance

País	Participación de renovables en la matriz (%)	Factores clave de avance
Colombia	28%	Dependencia hidroeléctrica, retrasos regulatorios, potencial solar y eólico subutilizado.
Chile	55%	Políticas claras de transición, atracción de inversión extranjera, fuerte desarrollo solar en el desierto de Atacama.
España	47%	Integración tecnológica, subsidios eólicos y solares, apoyo de la Unión Europea.

La transición energética ha sido abordada de diferentes maneras en diversos países, dependiendo de sus recursos naturales y marcos regulatorios. En América Latina, **Chile** se ha consolidado como un referente regional gracias al desarrollo de proyectos solares en el desierto de Atacama, lo que le ha permitido que más del 55 % de su matriz provenga de energías renovables (IEA, 2023). En **Brasil**, la energía hidroeléctrica continúa siendo la fuente dominante, aunque en los últimos años se ha fortalecido la biomasa y el etanol como alternativas sostenibles. En **España**, la transición se ha centrado en la combinación de energía eólica y solar, apoyada por subsidios estatales y políticas de integración con la Unión Europea (World Bank, 2022). Finalmente, en

Alemania, la política conocida como *Energiewende* ha permitido una expansión acelerada de energías renovables, principalmente solar y eólica, aunque enfrentando retos relacionados con la seguridad energética y los altos costos de transición (UNEP, 2023).

Estos casos muestran que la transición energética requiere no solo de recursos naturales disponibles, sino también de políticas públicas consistentes, inversión privada y participación ciudadana. Colombia, al igual que estos países, debe avanzar en un modelo diversificado que integre varias fuentes renovables de acuerdo con sus características geográficas y sociales.

Caracterización del sistema

El sistema de transición energética en Colombia se concibe como un sistema socio-técnico, donde interactúan diferentes actores, recursos y procesos. Para representarlo se utiliza la herramienta SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers), la cual permite identificar de manera clara los componentes y sus flujos principales.

Flujos Principales del Sistema

1. **Flujo energético:** generación → transmisión → distribución → consumo.
2. **Flujo económico:** inversión → financiamiento → tarifas → retorno de capital.
3. **Flujo de información:** normativas, transferencia tecnológica, educación ambiental.
4. **Flujo social:** participación comunitaria, empleo, aceptación o rechazo social.
5. **Flujo ambiental:** uso de recursos naturales → reducción de emisiones → impactos locales.

Diagnóstico del sistema

Tabla 2.

Problemas identificados en la transición energética en Colombia y su impacto estimado

Problema identificado	Impacto estimado (%)	Descripción
Infraestructura de transmisión insuficiente	30%	No permite conectar nuevos proyectos solares y eólicos al sistema nacional.
Dependencia fiscal de combustibles fósiles	25%	Alta dependencia de regalías de carbón y petróleo en varias regiones.
Demoras en licencias ambientales	25%	Procesos burocráticos ralentizan la ejecución de proyectos estratégicos.
Resistencia social y conflictos comunitarios	10%	Falta de participación y consulta previa genera oposición a proyectos.
Limitaciones tecnológicas y dependencia de importaciones	10%	Poca innovación local, equipos renovables mayormente importados.

Según el análisis, el **80% de los problemas** se concentran en los tres primeros factores (infraestructura, dependencia fiscal y licencias ambientales), lo cual orienta las prioridades de mejora.

Tabla 3. Propuestas de mejora para la adopción de energías renovables en**Colombia**

Actor / Institución	Propuesta de mejora	Fuente
Congreso de la República	Establecer incentivos tributarios, beneficios arancelarios y mecanismos de financiamiento para proyectos de energías renovables.	Ley 1715 de 2014; Ley 2099 de 2021
Departamento Nacional de Planeación (DNP)	Implementación de la Estrategia Nacional de Comunidades Energéticas para descentralizar la generación y promover proyectos locales de energía solar y eólica.	DNP, 2023
Ministerio de Minas y Energía	Ampliación de la infraestructura de transmisión y mejora en los procesos de licenciamiento ambiental digitalizado para proyectos renovables.	MinEnergía, 2024
CAF – Banco de Desarrollo de América Latina	Promover una “transición energética justa” que priorice la reconversión laboral en regiones dependientes de carbón y petróleo.	CAF, 2024

Actor / Institución	Propuesta de mejora	Fuente
Ecopetrol	Inversión en proyectos solares y eólicos, como el parque Windpeshi en La Guajira, y desarrollo de tecnologías de hidrógeno verde.	Reuters, 2025
Parra & Pérez (2022)	Aplicar pensamiento sistémico en la gestión energética para identificar barreras y oportunidades en la transición.	Revista de Energía y Desarrollo Sostenible
Agencia Internacional de Energía (IEA)	Diversificación de la matriz energética y fomento de la innovación tecnológica local para reducir dependencia de importaciones.	IEA, 2023

Grafica 2.

Oportunidades de Mejora para la Transición Energética en Colombia

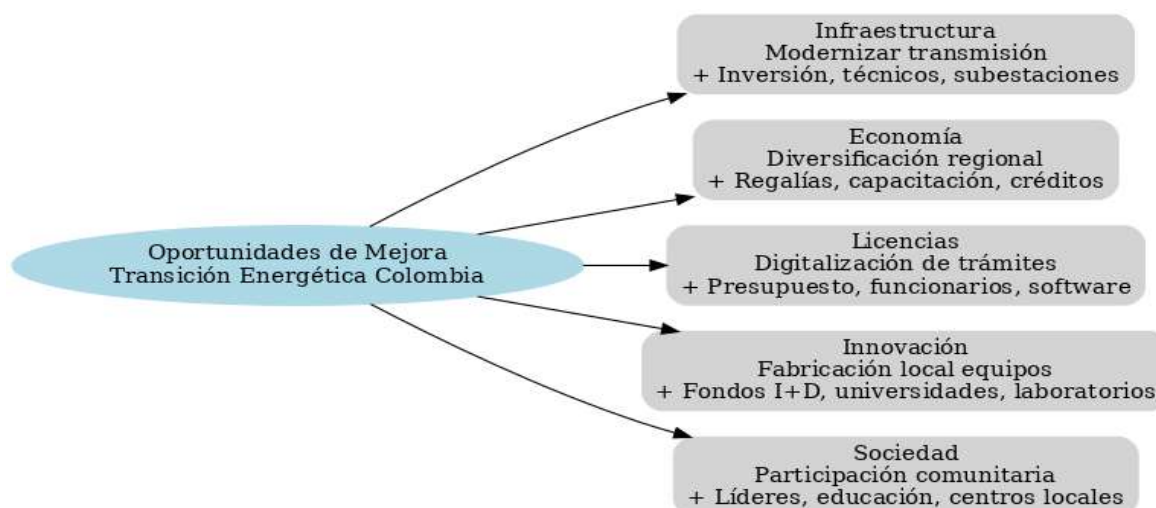


Tabla 4.

Modalidades de energía sostenible y su viabilidad en Colombia

Tipo de energía	Características principales	Experiencias internacionales	Potencial en Colombia	Viabilidad
Solar fotovoltaica	Captura de radiación solar para producir electricidad mediante paneles solares.	Chile (Atacama), España (Andalucía).	Alta radiación solar en La Guajira, Cesar, Meta y Casanare.	Muy alta, pero requiere expansión de redes de transmisión.
Eólica	Aprovecha la fuerza del viento para generar energía eléctrica mediante aerogeneradores.	España, Alemania, Dinamarca.	Vientos constantes en La Guajira y costa Caribe.	Alta, aunque con conflictos sociales y retos de infraestructura.
Hidroeléctrica	Uso de caudales de agua para generar electricidad en centrales hidroeléctricas.	Brasil, Noruega.	Colombia ya depende en un 65–70 % de esta fuente.	Alta, pero vulnerable a sequías y variabilidad climática.
Biomasa y biogás	Aprovechamiento de residuos agrícolas, forestales o urbanos para producir energía.	Brasil (etanol), India.	Amplio potencial en zonas agrícolas (Casanare, Meta, Valle del Cauca).	Media, requiere inversión en tecnología e incentivos fiscales.
Hidrógeno verde	Producción de hidrógeno a partir de energías renovables para almacenamiento y transporte.	Alemania, Japón.	Potencial en proyectos piloto impulsados por Ecopetrol y empresas privadas.	Media, aún en etapa experimental, requiere infraestructura.
Geotérmica	Aprovechamiento del calor interno de la tierra para generar energía.	Islandia, México.	Potencial en áreas volcánicas (Nariño, Huila, Cauca).	Baja a media, requiere estudios geológicos avanzados.

Conclusiones

La investigación me permitió identificar a los principales actores del sistema energético colombiano; Estado, empresas, comunidades, usuarios e inversionistas junto con las variables críticas de carácter económico, social, tecnológico, ambiental y político que determinan el ritmo de la transición. Esta caracterización hizo evidente la interdependencia entre los componentes y la necesidad de un abordaje integral. Asimismo, la construcción de mapas causales mostró las relaciones complejas entre los elementos del sistema, evidenciando cómo ciertas decisiones gubernamentales y empresariales pueden desencadenar efectos multiplicadores o restrictivos. Los diagramas de retroalimentación resultaron especialmente útiles para visualizar las dinámicas de aceleración o freno en la transición energética. Dentro de este análisis se identificaron bucles de retroalimentación positiva, como los incentivos a energías renovables que reducen costos tecnológicos y aumentan su adopción, y también bucles de retroalimentación negativa, como la dependencia fiscal de los combustibles fósiles que limita la diversificación de la matriz energética. De igual manera, se evaluaron los impactos sociales, económicos y ambientales, encontrando que, aunque la transición energética genera beneficios ambientales claros como la reducción de emisiones, también plantea retos sociales y económicos, especialmente en las regiones dependientes del carbón y el petróleo. Esto evidenció la urgencia de contar con políticas que equilibren la sostenibilidad ambiental con la justicia social y el desarrollo regional. Finalmente, como aporte principal, se propusieron lineamientos estratégicos basados en el pensamiento sistémico, los cuales incluyen el fortalecimiento de la infraestructura de transmisión, la diversificación económica en regiones fósiles, la digitalización de los procesos de licenciamiento ambiental, el impulso a la innovación tecnológica local y el fortalecimiento de la participación social. Estas acciones, integradas, se constituyen en una hoja de ruta para avanzar hacia un modelo energético más sostenible y resiliente en Colombia.

Con estas conclusiones demuestras que **cada objetivo específico se cumplió** y que tu trabajo aporta no solo un diagnóstico, sino también **propuestas concretas** de mejora para la transición energética en Colombia.

Referencias

- Congreso de la República de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014 (Congreso de la República, 2014): Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Diario Oficial.
- Congreso de la República de Colombia. (2021). Ley 2099 de 2021 (Congreso de la República, 2021a): Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética y se modifica la Ley 1715 de 2014 (Congreso de la República, 2014). Diario Oficial.
- Congreso de la República de Colombia. (2021). Ley 2169 de 2021 (Congreso de la República, 2021b): Por medio de la cual se establece la estrategia de carbono neutralidad a 2050. Diario Oficial.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2022). CONPES 4075: Política para la transición energética en Colombia. DNP.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2023). Estrategia Nacional de Comunidades Energéticas (Departamento Nacional de Planeación, 2023). Bogotá: DNP.
- CAF – Banco de Desarrollo de América Latina (2024) – Banco de Desarrollo de América Latina. (2024). Transición Energética Justa en América Latina: retos y oportunidades. CAF – Banco de Desarrollo de América Latina (2024).
- Impacto TIC (2024). (2024). Transición energética en Colombia: ¿Qué es y cómo avanza? Recuperado de <https://impactotic.co>
- Reuters (2025). (2025). Ecopetrol adquiere el parque eólico Windpeshi en La Guajira. Recuperado de <https://www.reuters.com>
- El País (2025). (2025). La gran transformación energética de Colombia avanza a paso lento. Recuperado de <https://elpais.com>
- El País (2025). (2025). Los sindicatos de petróleo y gas impulsan una transición justa en Colombia. Recuperado de <https://elpais.com>
- Grupo Industronic (2024). (2024). Avances en la transición energética en Colombia: impacto y proyecciones. Recuperado de <https://grupoindustronic.com.co>
- Murgas (2024), L. S. (2024). Índice Multidimensional de Pobreza Energética: una herramienta para la política pública en Colombia. Asociación Colombiana de Gas Natural.
- Agencia Internacional de Energía (2023) (IEA). (2023). Energy Policy Review: Colombia 2023. Paris: IEA.
- Ministerio de Minas y Energía. (2024). Informe anual de avance de la transición energética en Colombia. Bogotá: Min energía.
- Parra, J., & Pérez, L. (2022). Aplicación del pensamiento sistémico en la gestión energética: caso Colombia. Revista de Energía y Desarrollo Sostenible, 15(3), 45-60.