

**Estudio del Impacto Ambiental y Beneficios Tributarios de la Implementación de Energías
Renovables en el Sector Empresarial Colombiano**

Autor:

Laurenth Justine Collazos Tribiño

Universidad del Valle Sede Norte del Cauca

Facultad de Ciencias de la Administración

Programa Académico de Contaduría Pública

Santander de Quilichao, Cauca.

2025

**Estudio del Impacto Ambiental y Beneficios Tributarios de la Implementación de Energías
Renovables en el Sector Empresarial Colombiano**

Autor:

Laurenth Justine Collazos Tribiño

Directora

Dra. Luz Yoni Caicedo

Universidad del Valle Sede Norte del Cauca

Facultad de Ciencias de la Administración

Programa Académico de Contaduría Pública

Santander de Quilichao, Cauca.

2025

Agradecimientos.

En primer lugar, agradezco a Dios por sostenerme en los momentos más duros y recordarme que incluso las pruebas forman parte de su propósito. Gracias por haber puesto gracia sobre mí, rodeándome de personas correctas y recordándome que sus planes siempre superan los míos.

A mi madre, por ser ejemplo de fortaleza y amor, por acompañarme cuando más lo necesité y ofrecerme su apoyo incondicional.

A mi familia y amigos más cercanos, que, aunque no los mencione por nombre, siempre estuvieron brindándome ánimo y muestras de cariño en los momentos difíciles. Su compañía fue un recordatorio constante de que nunca caminé sola en este proceso.

A mi directora de tesis, Dra. Luz Yoni Caicedo, por su guía académica, su comprensión y el apoyo brindado durante este proceso. Le agradezco su guía académica y la oportunidad que me brindó para finalizar este proyecto con éxito.

Dedicatoria.

Se la dedico a Dios, quien ha estado conmigo en cada momento, enseñándome a confiar y recordándome que su presencia y su amor me sostiene.

Me dedico este logro por no haberme rendido ante las dificultades, por seguir creyendo y por reconocer que, con la ayuda de Dios, encontré la fortaleza que no sabía que tenía. Este resultado simboliza la perseverancia y el crecimiento que alcancé a lo largo del proceso.

A mi padre, que, aunque ya no esté conmigo, vive en mis recuerdos y en cada paso que doy. Le dedico este logro que tanto anhelo para mí.

Tabla de contenido.

Resumen.....	13
1. Introducción.....	14
2. Planteamiento del problema.	16
2.1 Formulación del problema	20
2.2 Sistematización del problema	20
3. Objetivos.....	22
3.1 Objetivo general.....	22
3.2 Objetivos específicos	22
4. Justificación.	23
5. Antecedentes de la investigación.	26
6. Marco referencial.	29
6.1 Marco teórico.	29
Teoría de la Responsabilidad Social Empresarial, basada en la actuación social de la empresa..	29
Teoría de la regulación medioambiental.	29
Principio de beneficio, aplicado al impuesto general.	30
6.2 Marco conceptual.....	31
Conceptos medioambientales.....	31
Conceptos empresariales.....	33
Sector empresarial Colombiano.....	33

6.3 Marco contextual.	34
6.4 Marco legal o normativo.	36
Ley 2099 del 2021, ley de la transición energética.	36
La Resolución 203 de 2020-UPME	37
Circular externa No. 000043 de 2020.	37
Ley 1715 del 2014 - Artículo 11 modificado por la ley 2099 del 2021.	38
Ley 1715 del 2014- Artículo 12, modificado por la ley 2099 del 2021.	38
Ley 1715 del 2014- Artículo 13, modificado por la ley 2099 del 2021.	39
7. Diseño metodológico.	39
7.1 Tipo de estudio.	39
7.2 Enfoque de la investigación.	40
7.3 Método de investigación:	41
7.4.1 Criterios de inclusión y exclusión.	44
7.5 Instrumentos de recolección.	45
Estudio documental.	45
Estudio de datos.	45
8. Fases de la investigación.	46
8.1 Describir los tipos de energías renovables más relevantes y aplicables en el sector empresarial colombiano, estudiando sus características, ventajas, desventajas y potencial impacto ambiental.	48

8.2 La energía fotovoltaica.	53
8.2.1. Ventajas de la energía solar fotovoltaica.	54
8.2.2. Desventajas de la energía solar fotovoltaica.	55
8.2.3. Panorama en Colombia.	56
8.2.4. Impactos ambientales.	57
El Grupo Nutresa S.A.	57
La Universidad Autónoma de Occidente en la ciudad de Cali.	59
Viva Centro Comercial:	60
8.2.5. Impactos ambientales positivos.	61
8.2.6. Impactos ambientales negativos.	61
8.2.7. Viabilidad en PYMES.	62
8.3 La energía eólica.	63
8.3.1. Ventajas de la energía solar eólica.	64
8.3.2. Desventajas de la energía solar eólica.	65
8.3.3. El impacto ambiental.	66
Parque Eólico AES.	66
Parque Eólico Guajira 1.	67
8.3.4. Panorama en Colombia.	68
8.3.5. Impactos ambientales positivos.	68
8.3.6. Impactos ambientales negativos.	69

8.3.7. Viabilidad en PYMES.....	69
8.4 Energía hidráulica.	71
8.4.1. Ventajas de la energía hidráulica.....	72
8.4.2. Desventajas de la energía hidráulica.....	73
8.4.3 Panorama en Colombia.....	75
8.4.4. Impactos ambientales positivos.	76
8.4.5. Impactos ambientales negativos.	76
8.4.6. Viabilidad en PYMES.....	77
8.5 La energía biomasa.	78
8.5.1. Panorama en Colombia.....	80
8.5.2. Ventajas de la energía biomasa.	81
8.5.3. Desventajas de la energía biomasa.....	81
8.5.4. Impacto ambiental.....	82
Planta de biomasa para suministro de Ecopetrol.	83
Empresa incubadora de Santander.	83
8.5.5. Impactos ambientales positivos.	85
8.5.6. Viabilidad en PYMES.....	86
8.6 La energía geotérmica.	87
8.6.1. Panorama en Colombia.....	88
8.6.2 Ventajas de la energía geotérmica.....	89

8.6.3 Desventajas de la energía geotérmica	89
Colombia ha desarrollado tres proyectos piloto de energía geotérmica en Casanare y Meta.....	90
8.6.4. Impacto ambiental.....	92
8.6.5. Impactos ambientales negativos.	93
8.6.6. Viabilidad en las PYMES.	93
8.7 La energía mareomotriz.	95
8.7.1. Impactos ambientales positivos.	98
8.7.2. Viabilidad para las PYMES.	98
8.8. Estudiar la normativa vigente en Colombia que respalda y regula la implementación de energías renovables en el sector empresarial, identificando los marcos legales y políticas públicas que promueven su adopción.....	103
8.8.1. Leyes Base: Ley 1715 de 2014 y la ley 2099 del 2021	104
8.8.2. Decretos Reglamentarios: 2143 de 2015 y 829 del 2020	107
8.8.3. Principales cambios de regulaciones en el decreto 829 del 2020:	110
8.8.4. Resoluciones técnicas: 030 de 2018, 174 de 2021, 40791 de 2018.....	113
8.8.5. Planes Nacionales 2020-2050	117
Línea de tiempo.....	123
8.8.6. Beneficios financieros y líneas de crédito.	124
8.8.7. Proceso de certificación de energía renovable.	129
8.8.8. Sistema de certificación y control de energía renovable.....	129

8.8.9. Criterios para obtener la certificación de energía renovable.....	130
8.9. Desafíos actuales y perspectivas.....	132
8.9.1. Etapas principales en el proceso.....	135
8.9.2. Accesibilidad para las PYMES.....	137
Recomendaciones.....	138
9. Identificar los beneficios tributarios disponibles para las empresas que adoptan energías renovables en Colombia, examinando cómo estos incentivos contribuyen a la rentabilidad y sostenibilidad del negocio, así como su impacto en la toma de decisiones empresariales	144
9.1. Caso 1: Alpina S.A, Planta Sopó (2023).....	156
9.2. Caso 2: El Centro Comercial Paseo Villa del Río (2025).....	166
Proyección contable del beneficio fiscal (hipotética bajo la ley 1715/2014 y ley 2099/2021). .	167
9.3. Caso 3: 3G Constructores, Ámbar Roca- Construcción Sostenible.....	176
9.4. Caso 4 Colgate-Palmolive.....	181
Escenario contable supuesto de ahorro tributario (bajo Ley 1715/2014 y Ley 2099/2021).....	182
10. Conclusiones.....	190
11. Recomendaciones.....	193
12. Referencias.....	195

Listado de Tablas.

Tabla 1	41
Tabla 2	50
Tabla 3	99
Tabla 4	101
Tabla 5	114
Tabla 6	116
Tabla 7	127
Tabla 8	146
Tabla 9	148
Tabla 10	150
Tabla 11	151
Tabla 12	151
Tabla 13	155
Tabla 14	159
Tabla 15	160
Tabla 16	165
Tabla 17	169
Tabla 18	170

Tabla 19.....	175
Tabla 20.....	180
Tabla 21.....	184
Tabla 22.....	184
Tabla 23.....	188

Resumen.

La presente investigación, titulada "Estudio del Impacto Ambiental y Beneficios Tributarios de la Implementación de Energías Renovables en el Sector Empresarial Colombiano", tiene como finalidad estudiar de qué manera la adopción de fuentes de energía limpia impulsa tanto la sostenibilidad ambiental como la rentabilidad en las empresas.

El trabajo se llevó a cabo bajo un enfoque cualitativo y un diseño documental, recurriendo a fuentes como legislación vigente, artículos científicos, informes institucionales y casos empresariales destacados en el país. Se estudiaron los efectos ambientales asociados al uso de energías renovables, la normativa que regula su aplicación, en especial la ley 1715 y la ley 2099 del 2021, y los incentivos tributarios que estimulan la inversión en proyectos de energía limpia.

Los resultados muestran que las energías renovables, especialmente la solar fotovoltaica, aportan ventajas significativas relacionadas con la reducción de emisiones, la mejora de eficiencia energética y la disminución de costos operativos a largo plazo. A su vez, los incentivos tributarios se consolidan como mecanismos eficaces para fomentar su implementación, al incrementar la rentabilidad empresarial y fortalecer el compromiso con la sostenibilidad.

Se concluye que el cambio hacia energías limpias representa para el sector empresarial colombiano una estrategia integral que combina la responsabilidad ecológica con la eficiencia financiera, contribuyendo tanto al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible como el fortalecimiento de la competitividad nacional.

Palabras clave: Energías renovables, sostenibilidad empresarial, beneficios tributarios, impacto ambiental, políticas públicas, Colombia.

1. Introducción.

El crecimiento económico, los avances tecnológicos y la globalización han transformado significativamente la forma en la que las empresas producen, consumen y administran sus recursos. Aun así, este avance ha traído consigo un incremento a la contaminación y la degradación ambiental, evidenciando la necesidad de transitar hacia modelos sostenibles de desarrollo. En este marco, las energías renovables se consolidan como una alternativa viable para mitigar las emisiones, reducir costos energéticos y promover prácticas empresariales responsables.

En Colombia, durante la última década ha fortalecido su compromiso con la sostenibilidad ambiental, promoviendo políticas públicas que fomentan la transición hacia energías renovables. Este proceso pretende sustituir gradualmente las fuentes convencionales de energía por alternativas más limpias, como la solar, eólica, hidroeléctrica, de biomasa y geotérmica. El sector empresarial se posiciona como un actor clave en este proceso, al tener el potencial de impulsar proyectos sostenibles y contribuir a las metas ambientales del país.

El marco normativo colombiano ha respondido a esta necesidad a través de la ley 1715 del 2014 y la ley 2099 del 2021, orientadas a fomentar el uso de energías renovables no convencionales y ofrecer beneficios fiscales a las empresas que adopten tecnologías. Entre esto se incluye la deducción en el impuesto sobre la renta, la exclusión del IVA, la exención de aranceles y la depreciación acelerada de activos, medidas que fomentan la inversión privada en proyectos sostenibles y contribuyen al fortalecimiento de la competitividad empresarial.

Este trabajo de grado busca evaluar cómo las organizaciones que adoptan fuentes de energía limpia logran integrar sostenibilidad y rentabilidad, mediante el estudio de sus efectos

ambientales favorables, las políticas públicas de apoyo y los beneficios tributarios existentes en el país.

Desde el enfoque cualitativo y una metodología documental, se recopila y estudia información de fuentes normativas, académicas e institucionales, junto con experiencias empresariales emblemáticas, que muestra la factibilidad técnica, ambiental y financiera del uso de energías renovables en el contexto nacional.

El contenido se estructura entre sesiones: el primero aborda los tipos de energía renovables más relevantes y su impacto ambiental; el segundo profundiza en el marco normativo y las políticas públicas de apoyo; y el tercero estudia los beneficios tributarios asociados, evidenciando su efecto sobre la rentabilidad empresarial.

De ese modo, la investigación propone una visión integral que articula aspectos ambientales como legales y fiscales de la transición energética, demostrando que la incorporación de energías renovables no solo implica un compromiso ecológico, sino también una alternativa estratégica para el desarrollo sostenible del sector empresarial.

2. Planteamiento del problema.

En relación con el escenario global, se puede evidenciar que los precios de electricidad fotovoltaica disminuyen notoriamente. Primeramente, se expone una reducción del 25 % para el año 2020, continuando por una decadencia del 45 % en 2023 y posteriormente en un 65 % para el año 2030. Esta predisposición a la baja en los costos de la energía solar fotovoltaica se muestra como una respuesta a los desarrollos tecnológicos y los avances en la eficacia de los sistemas. Además, es significativo subrayar que hoy en día se evidencia una mayor conciencia global en relación con las energías renovables como la solar, eólica, geotérmica y biomasa, que son indispensables para un sistema energético más limpio y sustentable, como componente para afrontar el cambio climático (Robles & Rodríguez, 2018).

En efecto, la disminución en costos de la energía fotovoltaica resulta optimista, ya que las empresas tendrían una ventaja en reducción de costos a largo plazo, especialmente si se combinan los beneficios tributarios. Sin embargo, hay que tener en cuenta las variaciones en el mercado y regulaciones que pueden afectar los precios, asegurándose de que estos beneficios sean estables a largo tiempo, para tomar las decisiones adecuadas.

En cuanto al escenario latinoamericano, en relación con energía hidroeléctrica, las proyecciones van aumentando; por esta razón es primordial cubrir las necesidades energéticas, ya que la infraestructura de ellas se construyó hace más de dos décadas, y es crucial la modernización. En las décadas posteriores, la capacidad hidroeléctrica ha crecido a un ritmo medio de 3 gigavatios de electricidad (GW), sumando 196(GW) en la actualidad. La ventaja de invertir en este tipo de proyecciones es que gran parte de los impactos ambientales y sociales ya han sido abordados. También este tipo de estructuras sostenibles tienden a durar más, por lo que su renovación extendería su vida útil e incrementaría su vida útil. (Ubierna et al., 2020)

Así pues, el incremento de la demanda y los precios de electricidad están fomentando el desarrollo de la energía renovable; no obstante, hay que tener en cuenta los gastos continuos de operación y mantenimiento para la integración de energías limpias, para así poder tener una estrategia financiera eficiente y clara.

A nivel nacional, se identifican oportunidades en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) para incentivar el desarrollo de Energías Renovables (ER) en un tiempo determinado. Este se ve respaldado por el aumento en la demanda de energía, la creciente preocupación derivada del limitado suministro de gas natural, un factor determinante en la base energética presente. El escenario es alentador, ya que en las Zonas No Interconectadas (ZNI) es factible que se replacen las fuentes de suministro tradicional basadas en diésel por recurso de energías renovables (Robles & Rodríguez, 2018).

Ahora bien, la ER en las PYMES sería una alternativa factible y beneficiosa, puesto que ayuda diligentemente a la sostenibilidad ambiental y esta maximiza los recursos económicos a largo plazo, y simultáneamente actuar de manera sostenible. Otro aspecto por considerar es que, durante el tiempo 2011 al 2020, la Unidad de Planeación Minero-energética (UPME) fijó un plan de desarrollo que contiene un subprograma estratégico asignado a fomentar las Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE). Esto refleja una valoración de la composición energética y la transición a opciones más sostenibles y eficaces. (Reyes et al., 2020)

Así pues, la adopción de energía renovable en las pequeñas y medianas empresas (PYMES) sería una buena alternativa para mejorar la sostenibilidad de la organización y ahorrar a largo plazo, siempre y cuando se tenga conocimiento de los procesos de adopción, en relación con los beneficios financieros y fiscales para su implementación, teniendo en cuenta sus riesgos

asociados, y cuál se ajustaría más a las necesidades de cada empresa, con una opción más sostenible, adaptándola a las PYMES

Los retos que enfrentan las organizaciones son la ausencia de una cultura que apoye ese cambio, debido a que las personas no respaldan esta transición, ni las prácticas sostenibles con el medio ambiente; constituyen un impedimento considerable. La oposición a implementar la energía renovable y carecer de una cultura proactiva surge por ignorar las ventajas ecológicas y financieras (Noroño et al., 2023).

Por esta razón, la ausencia de una cultura que apoye la incorporación de prácticas sostenibles produce grandes desafíos. Usualmente, las empresas se oponen al cambio debido a los costos iniciales y por no entender las ventajas ecológicas y financieras. Ignoran la responsabilidad social que debe tener cada empresa, donde se perjudicaría la imagen y no se incluye la sostenibilidad en su estrategia y un apoyo en estas transformaciones renovables.

Hay que mencionar lo importante de conocer las ventajas de la incorporación de ER en la empresa, porque permite la disminución de gastos operativos y ofrece una oportunidad para aplicar a incentivos tributarios. Igualmente, hay que tener un conocimiento exhaustivo de la instalación de Energías Renovables (ER) para asegurar el rendimiento en el ámbito empresarial; además, esto dependerá del entorno en el que se aplique; como ejemplo, los generadores eólicos son más eficientes en zonas con mayor extensión y vientos óptimos. Teniendo en cuenta que el 90% de las empresas en Colombia son PYMES, donde el reto para estas es disponer de recursos financieros y disponibilidad de espacio físico extenso, ya que son limitadas. (Reyes et al., 2020).

Además, la omisión de Energías Renovables (ER) conlleva un aumento en carga tributaria y en costos para la empresa. No obstante, los gobiernos podrían establecer impuestos adicionales como estrategia para promover el uso de Energía Renovable. Esta carga tributaria se

reduciría por medio de la aplicación de ER, ya que las empresas en Colombia, según la ley 1715 de 2014, pueden beneficiarse de la exención del IVA en la adquisición e importación de equipos para el uso de la energía renovable, cuando se cumplan las condiciones establecidas por el gobierno, a lo que reduce el costo inicial de inversión.

De igual manera, el artículo 13 de la ley 1715 de 2014 indica que las empresas pueden aprovechar la obtención de certificados de reducción de emisiones (CER), los cuales tienen la posibilidad de ser vendidos para la reducción de gases de efecto invernadero. También, el artículo 16 de esa misma ley establece condiciones preferenciales para financiar proyectos de energía renovable, brindando el acceso al crédito en términos favorables tanto en interés como en plazos. (Moreno, 2017)

Aunque los costos iniciales en energía renovable pueden ser significativos, se espera que estos gastos se compensen con beneficios a largo plazo. La disminución en los costos de energía y los incentivos regulatorios pueden mejorar la rentabilidad de inversión. Las empresas deben estudiar cuidadosamente los costos indirectos como los directos para llevar a cabo proyectos de energía renovable. Esto abarca la mitigación de la liberación de CO₂ en la atmósfera y asegurar el equilibrio en los costos energéticos. Las subastas para establecer contratos de largo plazo afectan en la planificación financiera de las iniciativas de energía renovable y garantizan precios asequibles para la energía producida. (Castaño et al., 2020)

Por lo tanto, la reorientación hacia energías renovables responde a los requerimientos ambientales y sociales. Además, se adapta a un escenario financiero en constante transformación, ya que Colombia ha establecido diversas normativas y regulaciones para promover el aprovechamiento eficiente de la energía renovable; también se subrayan las políticas y programas actuales; no obstante, a veces ha sido insuficiente; se necesita contar con una

estrategia nacional consistente y una mejor colaboración entre actores involucrados. El desarrollo de proyectos nacionales más consistentes y la ejecución exitosa de políticas es esencial con el fin de abordar los problemas energéticos y ambientales que enfrenta el país. (Pereira & Turizo, 2020)

Por lo anterior, el impacto en las energías renovables resalta la importancia de revalorar activos, reasignar inversiones y optimizar las prácticas contables, con el fin de mostrar una infraestructura sostenible. Es así como, desde la gestión contable, se deben supervisar las modificaciones en el valor de los activos, estudiar el riesgo económico y ajustarse a las regulaciones recientes, con el propósito de que las organizaciones informen correctamente el compromiso ambiental y social.

Finalmente, la investigación se enfocará en el sector empresarial colombiano, incluyendo las PYMES que son cruciales, ya que estas enfrentan obstáculos particulares en la implementación de energías renovables, permitiendo un estudio de impactos ambientales y los beneficios tributarios asociados a la implementación de energías renovables, que comprenderá el periodo de 2020 a 2024.

2.1 Formulación del problema

¿Cuál es el impacto ambiental y tributario derivados de la implementación de energías renovables en el sector empresarial colombiano?

2.2 Sistematización del problema

¿Cómo describir los tipos de energías renovables más relevantes y aplicables en el sector empresarial colombiano, estudiando sus características, ventajas, desventajas, y potencial impacto ambiental?

¿Cómo estudiar la normativa vigente en Colombia que respalda y regula la implementación de energías renovables en el sector empresarial, identificando los marcos legales y políticas públicas que promueven su adopción?

¿Por qué identificar los beneficios tributarios disponibles para las empresas que adoptan energías renovables en Colombia, examinando cómo estos incentivos contribuyen a la rentabilidad y sostenibilidad del negocio, así como su impacto en la toma de decisiones empresariales?

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Estudiar el impacto ambiental y los beneficios tributarios derivados de la implementación de Energías Renovables en el Sector Empresarial Colombiano.

3.2 *Objetivos específicos*

Describir los tipos de energías renovables más relevantes y aplicables en el sector empresarial colombiano, estudiando sus características, ventajas, desventajas y potencial impacto ambiental.

Estudiar la normativa vigente en Colombia que respalda y regula la implementación de energías renovables en el sector empresarial, identificando los marcos legales y políticas públicas que promueven su adopción.

Identificar los beneficios tributarios disponibles para las empresas que adoptan energías renovables en Colombia, examinando cómo estos incentivos contribuyen a la rentabilidad y sostenibilidad del negocio, así como su impacto en la toma de decisiones empresariales.

4. Justificación.

El presente trabajo “Estudio del Impacto Ambiental y Beneficios Tributarios de la Implementación de Energías Renovables en el Sector Empresarial Colombiano” es importante porque permitirá que las empresas en Colombia se interesen en adoptar energías renovables, dado que estas representan beneficios tanto fiscales como ambientales, mejorando sus finanzas mientras adoptan fuentes de energía renovable, lo cual permite tomar decisiones fiscales y financieras más acertadas a largo plazo.

En consecuencia, se generarán beneficios para las empresas, ya que se fortalece la situación financiera de la empresa en la medida en que esta implemente la energía renovable en las organizaciones, al evitar sanciones por incumplimiento normativo, pérdida de incentivos fiscales, altos costos operativos y dependencia de fuentes no renovables con alto impacto ambiental. Por lo cual se establece como un medio para las empresas que buscan mejorar su rentabilidad y sostenibilidad.

Además, esta investigación puede contribuir a la responsabilidad social empresarial, reforzando su imagen corporativa y destacándose en el mercado, al atraer consumidores interesados en prácticas sostenibles, promoviendo así la innovación. Teniendo en cuenta la viabilidad económica y ambiental de financiar las tecnologías renovables, con el fin de la obtención de beneficios fiscales, económicos y ambientales.

Del mismo modo, este estudio aporta de manera significativa para los profesionales contables, en vista de que esta investigación da a conocer los incentivos fiscales relacionados con la energía renovable, consideración de los costos asociados con la transición a energías renovables, la responsabilidad social que debería tener una empresa y el cumplimiento normativo para que cumpla con todos los parámetros ambientales y fiscales.

De este modo, favorecerán a los estudiantes y académicos que tengan carreras afines, ya que estos conocimientos serán utilizados para trabajos y futuras investigaciones, con habilidad de fomentar el desarrollo y crecimiento en el marco de incentivos fiscales, políticas y sostenibilidad ambiental. Igualmente, podrían aplicar las teorías mencionadas, regulaciones y legislaciones significativas. Además, contribuye a las entidades públicas responsables de la educación, como la Universidad del Valle, dedicadas a formar profesionales completos diligentes en desarrollar investigaciones en el sector contable en el ámbito financiero y tributario.

Asimismo, podría beneficiar a los funcionarios gubernamentales, supervisores y dirigentes, dado que con esta investigación se podrían estudiar, diseñar y ajustar políticas públicas en las organizaciones relacionadas con energía renovable y beneficios tributarios. Con el fin de asegurar el cumplimiento normativo, facilitando programas de incentivos fiscales y de sostenibilidad. En segundo lugar, los especialistas en consultoría empresarial que aplican estrategias sostenibles y se benefician de los incentivos tributarios. También, los profesionales ambientales y empresas enfocadas en el medio ambiente, que estén interesados en utilizar las prácticas empresariales sostenibles y la reducción de emisión de carbono.

Por lo anterior, este trabajo se fundamenta de acuerdo con las siguientes teorías:

La teoría de responsabilidad social empresarial (RSE), donde se discute cómo las organizaciones tienen una responsabilidad social que va más allá de fines lucrativos y cómo estas impactan en la sociedad. Esta responsabilidad nace de la necesidad de las empresas de actuar de manera colaborativa y evitar la imposición autoritaria. Dirigiendo sus decisiones en respetar las normas jurídicas y reflexionando sobre asuntos legales. (Melé, 2007)

Por otro lado, la teoría de regulación ambiental. Esta reconoce la importancia de la protección ambiental frente a impactos negativos del avance económico. Esta teoría se desarrolló

desde la década de los años 60, y ha ido evolucionando para incluir políticas y mecanismos de regulación, encaminadas a controlar y reconocer los problemas de contaminación, estableciendo estrategias más realistas e instrumentos de regulación. (Viladrich, 2004)

Además, la teoría beneficio en la imposición fiscal, pretende una mejor distribución de los ingresos fiscales destinados a servicios públicos, favoreciendo la promoción de una mejor percepción del sistema tributario. Aunque esto es aplicable generalmente en situaciones donde los servicios tienen la característica de ser bienes privados, por lo que plantea que los recursos se asignen a aquellos que más lo valoran y están dispuestos a invertir por ellos. (R. Musgrave & P. Musgrave, 1992)

Esta investigación se fundamenta en la selección de un diseño descriptivo, que contribuye para la comprensión de las políticas ambientales y fiscales, ya que estas determinan las decisiones corporativas dentro del contexto colombiano, particularmente con las energías renovables. Este método facilita la obtención de datos precisos y acuerda del estado presente, lo que permite un examen detallado de las circunstancias sin alterar contextos ni eventos.

El enfoque es de tipo deductivo y hace posible la comprensión de avanzar desde una teoría general sobre una global, en relación con las energías renovables y los beneficios fiscales, hacia un enfoque más específico en el contexto colombiano. De igual manera, las fuentes primarias y secundarias, que abarcan estudios anteriores, documentos oficiales y revisiones de estrategias políticas, garantizan un estudio completo y detallado del tema, apoyando el estudio con una amplia gama de enfoques.

Por lo tanto, la presente investigación es de relevancia y actualidad; se convierte en un pequeño, pero importante aporte a diferentes comunidades que se interesan en el medio ambiente y en el estudio de los beneficios que traen consigo las buenas prácticas del cuidado de este.

5. Antecedentes de la investigación.

A continuación, se presentarán resultados de diferentes investigaciones y la recopilación de diferentes tesis de trabajos de grado que están relacionados con el impacto y beneficios tributarios de la energía renovable en Colombia, las cuales fueron extraídas de la biblioteca digital de la Universidad del Valle, base de datos de la Universidad del Valle, y repositorios de la Universidad Icesi, para así enriquecer esta investigación.

Por lo anterior, según (Cardona & Marin, 2019), en su tesis: “Impacto Financiero de los Tributos Verdes en el Valle del Cauca como alternativa fiscal en el Fortalecimiento de las Finanzas Públicas Municipales, caso de estudio: Palmira Valle”. Resalta la importancia de tener una reglamentación clara, detallada y específica, con el fin de cumplir con los objetivos propuestos en la investigación, que, en el escenario, se llevaría a cabo la implementación de energías renovables.

(Cardona & Marin, 2019), en su investigación, la evaluación del Impacto Financiero en los municipios manifiesta por la implementación de energías renovables, por lo general no precisamente se interpreta en una mayor aplicación directa en el medio ambiente. Esta circunstancia resalta la necesidad de explorar y evaluar la eficiencia de las políticas y normas en referencia con el ambiente y con el área tributaria, con el fin de lograr un progreso sostenible en el país.

Así pues, esta perspectiva facilita la comprensión de políticas que determinan la toma de decisiones y aporta para la gestión sostenible de recursos. Donde se examina cómo las políticas ambientales y tributarias influyen en la implementación de energía renovable, estudiando si los incentivos fiscales tienden a ser una financiación ambiental relevante y cómo estas podrían alterar el desarrollo sostenible. La investigación tiene un enfoque híbrido que combina elementos

de más de un método, lo que permite comprender la situación presente y sugerir propuestas para mejorar el marco normativo y promover la implementación de prácticas sostenibles. De este modo, se ayuda a la creación de un futuro sostenible, que a su vez sea ventajoso para el sector empresarial y el medio ambiente.

Acerca del marco normativo y las políticas públicas, se podrían estudiar minuciosamente los documentos legales relevantes según (Idarraga & Hernández, 2022) del presente trabajo de grado. “Beneficios Tributarios en la Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia para MIPYMES” en el cual se establece la importancia de promover la investigación y la innovación para las organizaciones, incluidas las MIPYMES. Señalando cómo el estado impulsa prácticas empresariales que tienen como objetivo la tecnología y la responsabilidad ambiental.

También, esta tesis tiene un carácter descriptivo que está centrado en los beneficios tributarios en asociación a la Tecnología e Innovación en Colombia, por de acuerdos y decretos, que a su vez sirven para realizar una comparación más analítica con el "Estudio del Impacto Ambiental y Beneficios Tributarios de la Implementación de Energías Renovables en el Sector Empresarial Colombiano", evaluando la decisión corporativa de las empresas en invertir en fuentes de energía renovable, impactando de manera positiva en la protección ambiental.

Por otra parte, el artículo: “Análisis de Políticas Públicas para la Adopción de Energías Renovables no Convencionales en Colombia” (Reyes et al., 2022) tiene como objetivo transformar y fortalecer normativas que favorezcan proyectos que implementen las fuentes de energías renovables como generación eólica y solar.

Esta investigación enfocada en el Impacto Ambiental en la Adopción de Energías Renovables, en el ámbito empresarial, se observa de manera optimista, ya que se reduce la emisión de gases de efecto invernadero, en efecto cumpliendo los objetivos propuestos en

desarrollo sostenible, y posiblemente destacando a Colombia en una posición única en la generación de energías renovables, debido a su ubicación geográfica y recursos naturales. (Reyes et al., 2022).

Otro punto son los beneficios fiscales como la deducción de renta, exclusión de IVA en la adquisición de bienes y servicios, exención de derechos arancelarios y depreciación acelerada, que desempeñan un rol crucial en la rentabilidad financiera de estos proyectos, a causa de que estos incrementan el atractivo de inversión de energías más limpias en las empresas, que balancea el desarrollo económico con la conservación ambiental. De igual modo, las políticas y normativas energéticas cumplen el objetivo de asegurar la supervisión y el control, garantizando el cumplimiento para una transformación ambiental universal. (Reyes et al., 2022).

El enfoque que tiene esta investigación es descriptivo, porque su objetivo es dar a conocer la situación actual de las políticas públicas en Colombia en conexión con la implementación de energías renovables. Este se concentra en documentos bibliográficos que estén acordes con este, también políticas públicas actuales que incentiven y favorezcan el desarrollo sostenible. Lo anterior evidencia, análisis escritos de fuentes nacionales e internacionales, para complementar dicha investigación, se orientó a la preservación de la biodiversidad ecológica en áreas resguardadas, durante el año 2014 al 2022. (Reyes et al., 2022).

6. Marco referencial.

6.1 Marco teórico.

El marco teórico extiende la comprensión del problema investigado, permitiendo una integración profunda entre la teoría y el análisis desarrollado. Este marco debe estar directamente relacionado con el problema formulado, evitando enfoques desconectados que no sustenten adecuadamente la investigación. (Tamayo y Tamayo, 1990, pp. 144-145).

Por lo anterior, el marco teórico de esta investigación se basa en las siguientes teorías:

Teoría de la Responsabilidad Social Empresarial, basada en la actuación social de la empresa.

La teoría de la responsabilidad empresarial establece que las compañías deben integrar en su gestión no solo metas económicas, sino también asumir deberes frente a la sociedad y el ambiente. Según Melé (2007), la legitimidad corporativa se construye a partir de la aprobación social y del respeto a normas éticas y jurídicas. En este marco, se subraya que los líderes organizacionales deben tomar decisiones valorando sus efectos ambientales y sociales.

Las investigaciones como la de Velandia y Aparicio (2022) evidencian que la contabilidad ambiental contribuye al fortalecimiento de la sostenibilidad empresarial, ya que permite incluir variables ambientales en los procesos de gestión y favorece una mejor percepción pública. Desde esta perspectiva, la responsabilidad social empresarial promueve la implementación de energía renovable como una práctica que fortalece la sostenibilidad y eleva la competitividad de las empresas.

Teoría de la regulación medioambiental.

La teoría de la regulación medioambiental se fundamenta en la necesidad de controlar las externalidades perjudiciales derivadas de la producción y el consumo (Viladrich, 2004). Para

ello, se emplean mecanismos como tributos ecológicos y estímulos dirigidos a la adopción de tecnologías limpias.

En Colombia, esta perspectiva se materializa en normas como el decreto 2811 de 1974, la ley 99 de 1993, la ley 1715 del 2014 y la ley 2099 del 2021, que fomentan el uso de energías renovables mediante estímulos tributarios y regulatorios (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.). Según Ramírez (2022), estas políticas han desempeñado un papel decisivo en la transición energética nacional, abriendo oportunidades de inversión empresarial en tecnologías más sostenibles.

Principio de beneficio, aplicado al impuesto general.

El principio de beneficio, formulado por Musgrave y Musgrave (1992), plantea que la carga tributaria debe asignarse en proporción a los beneficios que obtienen los contribuyentes. Aplicado al ámbito ambiental, dicho principio se refleja en mecanismos tributarios que impulsan la incorporación de energías renovables.

En el contexto colombiano, las leyes como la 788 del 2002, la 1715 del 2014 y la 2099 del 2021 han establecido estímulos tributarios, exención del IVA, depreciación acelerada y deducciones de renta, orientados a promover conductas empresariales sostenibles (Estudio Legal Hernández & Asociados, 2024). La Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales [DIAN] (2008) señala que, si bien estos estímulos pueden disminuir la recaudación, generan impactos positivos al incentivar la inversión en tecnologías limpias y la protección del ambiente.

Las teorías examinadas ofrecen un marco para entender cómo se articula la sostenibilidad empresarial, la normativa ambiental y los incentivos tributarios. De manera integrada,

proporciona la base para estudiar los impactos ambientales y tributarios que genera la implementación de energías renovables en el ámbito empresarial colombiano.

6.2 Marco conceptual.

En la ejecución de este trabajo es esencial considerar los siguientes conceptos, los cuales se organizan en tres bloques temáticos que facilitan la contextualización de la investigación.

Conceptos medioambientales.

Impacto ambiental.

El impacto ambiental es la consecuencia generalmente negativa de las prácticas humanas respecto al medio ambiente, que trae consigo la alteración de la estabilidad ecológica. Por ello, se hace necesario medir, planificar y mitigar el impacto ambiental, dado que existe un vínculo directo entre el bienestar humano, la biodiversidad y los ecosistemas. Cabe resaltar que la necesidad de control surge cuando las acciones humanas afectan al ambiente, causando daños irreparables. Al igual que el crecimiento en la población genera una demanda de recursos naturales, haciendo primordial mejorar la sostenibilidad en el desarrollo humano. (MAPFRE, 2020)

Energías renovables.

Las energías renovables, según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) citada en el artículo de National Geographic, son fuentes naturales que se restauran con mayor rapidez de lo que se consumen. Este tipo de energía se caracteriza por provenir de fuentes cuya disponibilidad se renueva de manera natural, entre las cuales se incluye la *energía hidráulica (de los ríos)*, la *solar (del sol)*, la *eólica (del viento)*, la *biomasa (de la materia orgánica)*,

geotérmica (del interior de la Tierra) y oceánica (de las mareas y las olas). (Redacción National Geographic, 2022)

Ahora bien, las energías renovables son reconocidas como sostenibles, porque su utilización emite menos gases de efecto invernadero, lo que facilita combatir el calentamiento global e incentiva al cambio energético sostenible de acuerdo con la energía. (Redacción National Geographic, 2022)

Efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno mediante el cual el calor queda atrapado junto a la superficie de la tierra, donde se crea como resultado una manta que envuelve el planeta, conservándolo a una temperatura más cálida a la que se tendría en su ausencia. Entre los principales gases de efecto invernadero se encuentran el dióxido de carbono, el metano, los óxidos nitrosos y el vapor de agua. (Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA, 2024)

Se afirma que el efecto invernadero es un fenómeno natural y esencial de la atmósfera, que busca que la tierra tenga condiciones ideales para la existencia. La temperatura promedio es de 15 °C (59 °F). Aun así, las actividades humanas y esencialmente la quema de combustibles fósiles elevan esas temperaturas, creando un desequilibrio en el efecto invernadero. (Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA, 2024)

Conceptos económicos y tributarios.

Beneficios tributarios.

Los beneficios tributarios comprenden deducciones, exenciones y tratamientos fiscales especiales presentes en la normativa tributaria, los cuales disminuyen la carga fiscal para los contribuyentes y a su vez los recursos del estado. La legislación tributaria de Colombia ofrece

diversos beneficios con propósitos económicos diferentes, que incluyen el desarrollo regional, la creación de empleo, el fomento de sectores económicos específicos, el avance tecnológico, la conservación ambiental y la inversión tanto nacional como extranjera. (Coordinación de Estudios Económicos, 2014)

Conceptos empresariales.

Sector empresarial Colombiano.

Según el informe del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia, durante el primer trimestre del año 2023, las microempresas del tejido empresarial del país, las empresas conforman el 3,5 %, mientras que las medianas y grandes representan el 0,9 y el 0,3 del territorio nacional. Asimismo, en el sector de servicios se sitúa un 41%, seguido por el comercio 40,6 %, manufactura y construcción con el 11 y el 5 %. (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023).

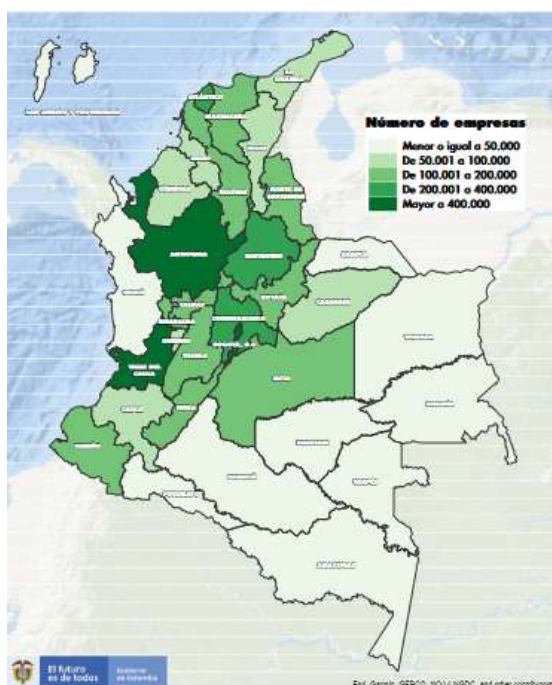
La situación actual en Colombia resalta la importancia de fortalecer las pequeñas empresas, mediante el acompañamiento de programas de asistencia técnica, capacitaciones y servicios financieros, con el fin de estimular el crecimiento y generación de empleo. En diciembre del 2022, se evidenció un aumento del 6.9 % en la cifra anual de empleados, con un progreso relevante en las microempresas de un 3 % y un incremento considerable en las grandes empresas del 12,3 %. Comparado con el año anterior, las microempresas experimentaron un crecimiento del 2.7% en el 2021, indicando una mejora después de una disminución del 6.5% en el año 2020. (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023).

6.3 Marco contextual.

Colombia, ubicada en el noroeste de Suramérica y con una extensión de 1.141.748 Km², cuenta con costas sobre los océanos Pacífico y Atlántico. Su territorio está atravesado por la cordillera de los Andes, la cual se divide en tres ramas: Occidental, Central y Oriental. Más allá de la cordillera Oriental se identifican regiones como la Orinoquia y la Amazonía. Asimismo, se destacan sistemas montañosos como la Serranía del Baudó y la Sierra Nevada de Santa Marta, donde se encuentran seis picos que superan los 5.000 metros de altitud. El clima en Colombia varía según la altitud, diferenciándose dos zonas principales: la de tierras bajas o llanuras (con altitudes inferiores a 500 metros y temperaturas promedio de 25° C), y la de montaña (superior a 500 metros) caracterizada por condiciones que pueden ser húmedas, secas o muy secas. (Dirección General de Comunicación, Diplomacia Pública y Redes, 2023).

Figura 1

Número de empresas por departamento en Colombia.



Nota. Tomado de *Directorio Estadístico de Empresas (2023)*

En el contexto energético nacional, el 83.4% de la energía tiene origen en fuentes renovables, mientras que el 16.6% restante se asocia a fuentes no renovables. En este sentido, el Gobierno colombiano ha impulsado la diversificación de la matriz energética mediante la promoción de tecnologías hídras, solares y eólicas, respaldadas por una serie de legislaciones que otorgan beneficios a quienes implementen estas fuentes de manera eficiente. (Energía Cooperativa, 2023)

Según la Unidad de Planeación Minero-Energética, la matriz energética colombiana se compone principalmente de petróleo (43.1), seguido por gas natural (22,6%), energía hidroeléctrica (12.9%) y el carbón (10.0%). (Cabrera Patiño, 2023)

Colombia se posiciona como uno de los principales productores de petróleo y carbono en América Latina, al tiempo que lidera en generación de energía hidroeléctrica, lo que representa un componente clave en su economía por las exportaciones e ingresos derivados. No obstante, enfrenta desafíos significativos en materia de abastecimiento de gas natural, lo que ha derivado en un aumento de las importaciones en gas natural licuado (GNL). Aunque depende en gran medida de la hidroelectricidad como principal fuente de electricidad, esta es complementada por termoeléctricas, configurando una matriz energética diversa, pero con importantes retos. (Cabrera Patiño, 2023).

Finalmente, se espera que los consumidores jueguen un papel más activo en la generación de energía eléctrica mediante sistemas de autogeneración, adopción de medidas de eficiencia energética, agrupación de demanda, instalación de medidores inteligentes y uso de plataformas tecnológicas para la gestión y comercialización de energía. (Energía Cooperativa, 2023).

(Tamayo y Tamayo, 1990)

6.4 Marco legal o normativo.

Es indispensable, en la elaboración de un proyecto de investigación, aplicar las distintas leyes, decretos y regulaciones que proporcionen directrices claras para encontrar soluciones al problema planteado.

Considerando lo anterior, en términos de normativas legales, estas medidas legales buscan incentivar y apoyar el desarrollo de la energía renovable en Colombia, las cuales se presentan a continuación:

Ley 2099 del 2021, ley de la transición energética.

En primer lugar, la ley 2099 del 10 de julio de 2021 realiza una modificación en el artículo 14 de la Ley 1715 de 2014, enfocada en promover la utilización de energía no convencional y la gestión eficiente de esta. En efecto, se introducen incentivos como la depreciación acelerada para maquinaria, equipos y obras civiles usadas en energías renovables. Se limita la depreciación anual a no sobrepasar el (33.33%); esta tasa podría ser variada anualmente y no debe exceder los impuestos exclusivos de ley. (Secretaría General del Senado, 2021)

Así mismo, el artículo 21 de la ley 2099 de 2021, en cuanto al párrafo 2, expresa que las inversiones y adquisiciones en bienes o maquinarias que estén relacionados con el uso de Hidrógeno verde y azul se beneficiarán de incentivos fiscales, como deducciones de impuesto sobre la renta, exenciones del IVA y aranceles. (Secretaría General del Senado, 2021)

La Resolución 203 de 2020-UPME

La resolución 203 de 2020 emitida por la Unidad de Planeación Minero-Energética define los lineamientos y requisitos necesarios para el acceso a los incentivos fiscales asociados a proyectos de inversión, investigación, desarrollo o producción energética mediante fuentes de energía renovable. (Gestor Normativo CREG, 2020)

Circular externa No. 000043 de 2020.

Esta circular emitida por el director general de Unidad de Planeación Minero Energético – UPME es dirigida para los solicitantes que busquen acceder a beneficios tributarios destinados a proyectos de gestión eficiente y uso de fuentes no convencionales de energía; así mismo deben seguir un paso a paso para tramitar el certificado UPME. (UPME, 2020)

Ley 2099 de 2021, Capítulo IV – Disposiciones sobre Fuentes No Convencionales de Energía.

Este capítulo se centra en regulaciones en relación con las fuentes no convencionales de energía, promoviendo el desarrollo y uso de energías orgánicas y renovables. Por consiguiente, el Ministerio de Minas y Energía incentivará la investigación y el desarrollo de estas energías para integrarlas en la matriz energética del país y fomentar su uso en la cadena de distribución de combustibles y de usos alternativos, facilitando realizar proyectos piloto bajo condiciones específicas para promover su uso. (Secretaria General del Senado, 2021)

Del mismo modo, se promoverá la producción y uso de hidrógeno a través de estrategias que promuevan innovación, producción, almacenamiento y distribución, enfocándose en su aplicación para la generación de energía y la reducción de carbono. Los proyectos de hidrógeno

verde y azul se favorecerán de ventajas fiscales, y el fondo de energías no convencionales tendrá la capacidad de financiar proyectos relacionados. (Secretaria General del Senado, 2021)

Se promoverá la investigación, desarrollo e innovación en tecnologías de baja emisión, incluido el hidrógeno, y se fomentará la explotación de minerales para la producción de equipos relevantes, estimulando la transformación de proyectos mineros e hidrocarburos hacia una transición energética. Otro punto esta legislación se ha modificado para el apoyo de proyectos, priorizando la contratación laboral en el sector local, los cuales deberán seguir con los lineamientos establecidos. (Secretaria General del Senado, 2021)

Ley 1715 del 2014 - Artículo 11 modificado por la ley 2099 del 2021.

Artículo 11: Incentiva la inversión en proyectos de fuentes no convencionales de energía y promueve prácticas de gestión adecuada de energía, contenida la implementación de sistemas de medición avanzados. Los contribuyentes que realicen inversiones directas podrán deducir el 50% del valor de la inversión de su base imponible, que está sujeta a tiempo de 15 años después del inicio de operaciones de inversión. Cabe resaltar que este incentivo depende de la aprobación de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (Secretaria General del Senado, 2014).

Ley 1715 del 2014- Artículo 12, modificado por la ley 2099 del 2021.

Artículo 12: Otorga la exención del IVA para compra de equipos, componentes, maquinaria y servicios, tanto nacionales como importados, que se relacionen con la inversión de proyectos de generación de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) y en la adopción de medidas de gestión eficiente de energía. Incluye también la adquisición de equipos, para la compra de medición y evaluación de potenciales de fuentes energéticas. Así mismo, esta exención aplica para la prestación de servicios afines dentro o fuera de Colombia, siempre y

cuando la UPME certifique la inversión como una iniciativa FNCE de gestión eficiente, que a su vez debe relacionarse con los objetivos del plan de acción indicativo aprobado por ministerio de minas y energía. (Secretaría General del Senado, 2014).

Ley 1715 del 2014- Artículo 13, modificado por la ley 2099 del 2021.

Artículo 13: Este artículo introduce incentivos arancelarios a personas naturales o jurídicas que realicen inversiones en proyectos nuevos relacionados con FNCE y eficiencia energética, dentro del ámbito del programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales (PROURE). Este beneficio cubre derechos de importación para equipos y materiales que no se produzcan localmente. Es importante destacar que la certificación de UPME resulta necesaria para validar la financiación en los proyectos de FNCE o medidas de eficiencia. (Secretaría General del Senado, 2014)

7. Diseño metodológico.

7.1 Tipo de estudio.

El presente estudio es de tipo descriptivo, ya que permite recolectar, analizar y presentar información que caracteriza fenómenos, conceptos o variables relevantes para la investigación. Para Hernández (2014, p. 92), este tipo de estudios busca definir y describir con precisión los sucesos o situaciones que serán medidos.

Para el desarrollo de este estudio, este enfoque ayudará a entender cómo las regulaciones ambientales y fiscales inciden en las decisiones corporativas, permitiendo determinar si los incentivos tributarios generan inversiones ambientales y significativas y de qué manera estas impulsan el desarrollo sostenible en distintos niveles territoriales. Del mismo modo, posibilita estudiar la relación entre la implementación de energías renovables y sus efectos ambientales,

resaltando las ventajas económicas y sostenibles que estas tecnologías brindan a las organizaciones colombianas. (Reyes et al., 2022)

7.2 Enfoque de la investigación.

El enfoque de la investigación integrará elementos cualitativos, que se orientan en áreas significativas del campo de estudio. Ahora bien, este método plantea preguntas e hipótesis, las cuales podrían surgir antes, durante y después del estudio y recopilación de datos. Esto es práctico y flexible, por lo que revela las preguntas de investigación más relevantes, para luego mejorarlas y darles una solución. (Hernández et al., 2014).

Por consiguiente, este enfoque facilitará una comprensión más profunda y detallada, ajustando el estudio con base en nuevos hallazgos, que sean ideales para indagar los impactos y beneficios tributarios en la energía renovable, que son susceptibles de variación según las diferentes empresas o sectores.

Para el desarrollo de esta investigación se implementará un método cualitativo centrado en el estudio de fuentes secundarias, entre ellas normativas legales, investigaciones científicas, trabajos de grado, reportes institucionales y documentos oficiales. Dicho estudio se llevará a cabo mediante una técnica de revisión documental orientada e interpretación crítica de la información.

Esa metodología facilitará la interpretación del material recopilado a través de la codificación temática y categorización de contenidos, permitiendo reconocer términos relevantes, ideas recurrentes y relaciones conceptuales referentes con los impactos ambientales, el marco normativo vigente y los beneficios tributarios asociados a la adopción de energías renovables.

Con el propósito de organizar y sistematizar los hallazgos, se diseñará una matriz de estudio documental que clasificará las fuentes de acuerdo con su pertinencia frente a cada uno de los objetivos específicos del estudio (ambiental, normativo y tributario)

El uso de esta técnica favorecerá una comparación y síntesis de la información de forma estructurada, asegurando la coherencia y validez del estudio realizado.

De esa manera, la adopción del enfoque cualitativo permitirá abordar el fenómeno desde una perspectiva integral y dinámica, contribuyendo a una interpretación más sólida de los resultados y garantizando su coherencia con el método deductivo aplicado en la investigación.

7.3 Método de investigación:

El método deductivo de la investigación es aquel que parte de casos generales, donde se logran explicaciones específicas que están presentes en situaciones generales. Por tal motivo, la teoría general acerca del fenómeno situación, en el que se pueden establecer hechos o situaciones particulares. (Méndez Alvares, 1995, pp. 134,135)

Por tal motivo, este método permitirá partir de teorías y principios de energía renovable, y su impacto a nivel global, para después usar estos conocimientos a la situación específica de Colombia, contemplando indicadores tributarios proporcionados y las políticas ambientales que sean determinantes.

Para facilitar la comprensión del proceso metodológico, se presenta la siguiente tabla, en la cual se resumen las fases, fuentes y técnicas aplicadas en el desarrollo del estudio.

Tabla 1

Resumen del diseño metodológico

Fase	Actividad	Fuentes	Técnicas aplicadas	Resultado esperado
Recolección	Búsqueda y selección de documentos	Artículos, leyes, informes	Revisión crítica	Contenido inicial relevante para el estudio
Análisis	Organización de la información	Matriz documental	Codificación y clasificación	Temas agrupados según los ejes de estudio
Interpretación	Relación entre conceptos y hallazgos	Datos normativos y empresariales	Análisis cualitativo	Comprensión integrada de impactos e incentivos
Síntesis	Desarrollo de conclusiones	Información procesada	Enfoque deductivo	Respuestas finales a los objetivos planeados.

7.4 Fuentes de la investigación.

Fuentes primarias.

Las fuentes primarias son fuentes iniciales localizadas en libros, analogías, artículos de publicaciones periódicas, monografías, tesis y disertaciones, documentos oficiales, documentales, bibliotecas físicas y digitales, relacionadas con el problema de investigación, ayudando a este a profundizarlo. (Méndez Alvares, 1995)

Por tanto, las fuentes primarias seleccionadas estarán compuestas por documentos y estudios que examinen de una forma directa la aplicación de energía renovable en empresas en Colombia, tales como:

- Investigaciones y trabajos académicos que aborden el estudio del impacto ambiental y tributario de las energías renovables en Colombia.
- Casos empresariales representativos, como los de Alpina, Colgate Palmolive, Grupo Nutresa, Paseo Villa del Río y 3G Construcciones, que demuestran prácticas de sostenibilidad y el aprovechamiento de incentivos fiscales.

- Marco legal y técnico, entre ellas la ley 1715 del 2014, la ley 2099 del 2021, y las resoluciones emitidas por organismos como la UPME, ANLA, FENOGÉ y el Ministerio de Minas y Energía.
- Documentos e informes de empresas que han adoptado energía renovable, reflejando métricas de ahorro energético, disminución de emisiones y beneficios fiscales aplicados

Fuentes secundarias.

Las fuentes secundarias son recursos que permiten dar la información más elaborada, que proviene de la combinación y reorganización de las fuentes primarias. Este incluye diccionarios, enciclopedias, antologías, guías o directorios, anuarios, listado bibliográfico, catálogos, resumen de contenidos, índice de referencias o citas y demás materiales de referencia.

En esta investigación, las fuentes secundarias estarán conformadas por:

- Documentos oficiales y técnicos emitidos por organismos como la UPME, el DNP, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo y organismos internacionales.
- Artículos científicos y publicaciones académicas centradas en temas de sostenibilidad, régimen tributario y políticas de energía renovable.
- Libros y capítulos de investigación que desarrollen los marcos conceptuales de la regulación ambiental, la responsabilidad social corporativa y los beneficios tributarios.
- Sitios web institucionales y bases de datos oficiales que proporcionen información estadística o documentos actualizados sobre energía y desarrollo sostenible.

7.4.1 Criterios de inclusión y exclusión.

Con el fin de garantizar la calidad, pertinencia y confiabilidad del estudio documental, se establecen criterios de selección y validación de fuentes, los cuales aseguran que la información analizada sea coherente con los objetivos y el enfoque cualitativo de la investigación.

Criterios de inclusión.

Relevancia: Se seleccionarán Fuentes que guarden vinculación directa con los objetivos específicos del estudio y el ámbito empresarial colombiano.

Actualidad: Se priorizarán documentos publicados entre los años 2015 y 2025, que reflejen los avances más recientes en materia de política energética y fiscal.

Confiabilidad: Se consideran materiales de respaldo por instituciones oficiales, emitidos por entidades gubernamentales, universidades o revistas científicas reconocidas.

Pertinencia: Las fuentes deberán corresponder a los tres aspectos definidos en el estudio: ambiental, normativo y tributario.

Así, las fuentes seleccionadas proporcionarán una base sólida, verificable y coherente con el enfoque cualitativo y documental del estudio.

Criterios de exclusión.

Fuentes desactualizadas: Se descartarán documentos anteriores al año 2010, excepto aquellos que correspondan a leyes vigentes o normativas esenciales para el análisis.

Material sin respaldo académico: No se considerarán blogs, textos de opinión, sitios web sin soporte institucional ni fuentes que carezcan de validez científica o técnica.

Normatividad derogada o ajena al marco colombiano: Se excluirán leyes o reglamentos que ya no estén vigentes o que no apliquen al contexto nacional.

Información repetida o irrelevante: Se omitirá contenido duplicado o que no contribuya de manera pertinente al logro de los objetivos del estudio.

Estos criterios permitirán asegurar que las fuentes seleccionadas proporcionen una base sólida, verificable y coherente con el enfoque descriptivo, documental y cualitativo adoptado en la investigación.

7.5 Instrumentos de recolección.

Estudio documental.

La investigación documental se define como la búsqueda de respuestas específicas al revisar documentos. Estas son cruciales para la recopilación de datos investigativos.

Según Maurice Duverger describe los documentos como cualquier manifestación humana, que abarca desde libros, publicaciones periódicas, revistas y materiales impresos. (Baena Paz, 2017)

Con base en lo anterior, se haría un estudio de informes, leyes y decretos o documentos que tengan relación con políticas tributarias, a través de la implementación de energías renovables y hacer una comparación con casos internacionales.

Estudio de datos.

Los estudios de datos contemplan la necesidad de que la información sea detallada, la necesidad de recolección de datos, destacando la evaluación de datos; efectuando preguntas

claves que determinen lugar, tiempo y personas que recolectaron dichos datos, menciono la estrategia de muestreo de la población estudiada. (Peersman, 2014)

Por lo tanto, se tendría que hacer una recolección de datos en las empresas que han aplicado la energía renovable, estudio de los datos obtenidos, con el fin de examinar el impacto ambiental y los incentivos fiscales que han obtenido.

8. Fases de la investigación.

El presente trabajo de investigación se concentra en estudiar el impacto ambiental y beneficios tributarios de la implementación de energías renovables en el sector empresarial colombiano.

La estructuración de su estudio contiene varias fases que se describen a continuación.

La primera fase se fundamenta en describir los tipos de energías renovables más relevantes y aplicables en el sector empresarial colombiano, estudiando sus características, ventajas, desventajas y potencial impacto ambiental, con el fin de identificar las fuentes de energía más adecuadas para ser implementadas según la empresa.

La segunda fase está enfocada en estudiar la normativa vigente en Colombia que respalda y regula la implementación de energías renovables en el sector empresarial, identificando los marcos legales y políticas públicas que promueven su adopción, efectuando un estudio general de las normativas vigentes.

La tercera fase se encarga de identificar los beneficios tributarios disponibles para las empresas que adoptan energías renovables en Colombia, examinando cómo estos incentivos

contribuyen a la rentabilidad y sostenibilidad del negocio, así como su impacto en la toma de decisiones empresariales. Hallándose útil contemplar algunos ejemplos de empresas que han sido favorecidas por estas medidas.

8.1 Describir los tipos de energías renovables más relevantes y aplicables en el sector empresarial colombiano, estudiando sus características, ventajas, desventajas y potencial impacto ambiental.

Las energías renovables son aquellas cuyo origen proviene de fuentes ilimitadas, como la luz solar, el viento, el agua o la biomasa. Estas fuentes energéticas no dependen de combustibles fósiles, sino de recursos capaces de regenerarse constantemente. Además de su disponibilidad ilimitada, estas energías no generan gases de efecto invernadero (GEI), lo que reduce significativamente su impacto ambiental. Por ello, son reconocidas como fuentes de energía limpia y sostenible. (Caballero, 2025)

Dentro del sector empresarial colombiano, la transición hacia fuentes de energías renovables constituye un pilar fundamental para el desarrollo sostenible y la competitividad empresarial. Al adoptar energías limpias, las organizaciones logran disminuir costos operativos y mejorar el impacto ambiental. Además, los incentivos fiscales y el marco regulatorio vigente han impulsado un cambio estructural en la gestión energética, facilitando la transición del sector productivo hacia modelos más sostenibles.

Ahora bien, la implementación de energías renovables representa un factor clave para la viabilidad económica de las empresas en Colombia, además de contribuir al derecho fundamental a un ambiente sano, contemplado en la Constitución Política de Colombia de 1991 en el artículo 79. Asimismo, el calentamiento global y el deterioro ambiental por la explotación de los recursos naturales afectan el futuro del planeta, así como la viabilidad de las operaciones empresariales. En este contexto, las energías renovables se convierten en una solución no solo para un ambiente sano, sino también para que las empresas mejoren su eficiencia, reduzcan costos operativos y fortalezcan su imagen corporativa. (Guerra et al., 2021)

Según López (2021), seis grandes empresas han incorporado fuentes renovables en sus operaciones; estas controlan más del 90% del mercado de energía limpia. Algunos ejemplos representativos, son:

- Isagen: Empresa dedicada a la generación de energía eléctrica a partir de fuentes alternativas, ha desarrollado varios parques eólicos en La Guajira y plantas solares en Meta y Atlántico, con una inversión superior a \$1.2 billones y un potencial de más de 1.500 MW.
- AES Colombia: Es una empresa enfocada en la producción y comercialización de electricidad, la cual ha venido ampliando su portafolio con la integración de proyectos de iniciativas solares y eólicas. Está desarrollando un proyecto eólico Jemeiwaa Kai y el parque solar San Fernando, con los que busca sumar 2.000 megavatios MW a su matriz energética para el 2030.
- Celsia: Empresa perteneciente al Grupo Argos, opera en la generación y comercialización de energía eléctrica. Ha destinado recursos al desarrollo de infraestructuras solares y programas de eficiencia energética a nivel nacional. Actualmente, avanza en su estrategia de crecimiento con la operación de cuatro parques solares y su planeación de construir 15 adicionales, lo que permite alcanzar una capacidad total de 650 MW mediante una inversión de \$1.3 billones.
- El grupo EPM: Compañía colombiana con proyección internacional, que suministra servicios de energía, agua y gas. Actualmente, trabaja en el desarrollo de solares y eólicos para diversificar sus fuentes de energía. Además, cuenta con experiencia previa en este campo por respaldo del parque eólico Jepirachi, uno de los primeros en el país.

- Enel Bogotá Región: Es una empresa multinacional del sector energético que se dedica a generar, distribuir y comercializar energía. Esta compañía opera una planta solar llamada "El Paso", al mismo tiempo avanza en tres proyectos heroicos en La Guajira, que en conjunto sumarán una capacidad instalada de 508 megavatios MW.
- EDP Renovables: Empresa internacional enfocada exclusivamente en la generación de energía sostenible, especialmente eólica y solar. Aunque su origen es portugués, ha iniciado operaciones en Colombia dentro de su plan de crecimiento.

Después de describir las principales fuentes de la energía renovable presentes en Colombia, resulta pertinente integrar la información en una matriz energética que sintetiza su situación actual. La tabla siguiente resume el porcentaje de participación de cada tipo de energía, su capacidad instalada, los planes de ampliación previstos y una apreciación cualitativa de su papel dentro de la transición energética colombiana.

Tabla 2

Matriz energética de Colombia por tipo de energía renovable.

Tipo de energía	% de participación actual aproximado	Panorama actual	Estrategias de expansión	Apreciación
Hidroeléctrica	Representa cerca del 66 % de la capacidad total de generación.	Alrededor de 13, 2 GW en operación instalada.	Mantener la fuente y reforzarla mediante energías renovables no convencionales,	Componente central del sistema energético colombiano, cuyo funcionamiento

			como parte del proceso de transición energética debido a los impactos climáticos.	está altamente ligado a las variaciones del clima y los recursos hídricos.
Solar fotovoltaica	En 2024, la energía solar y eólica alcanzó cerca del 9% de la matriz eléctrica, frente al 1,5 % del 2022, debido al aumento de capacidad solar.	Más de 1.193 MW instalados en 2024, de acuerdo con el reporte.	Entre 2023 y 2033 se estima la entrada de aproximadamente 13,5 GW de energía solar aprobada para su futura integración.	Representa la tecnología de expansión más rápida en Colombia y cuenta con un gran potencial en áreas de alta radiación solar.
Eólica	Participación eólica del 0,08 %, equivalente a unos 18,42 MW instalados.	La capacidad sigue siendo limitada, con varios proyectos en construcción.	Se estima incorporar alrededor de 2,8 GW de energía eólica entre 2023 al 2033.	Alto potencial en áreas como La Guajira, pero aún está en proceso de implementación.
Biomasa	De acuerdo con el boletín estadístico de la UPME (2025), la biomasa dispone de una capacidad efectiva neta de 399,27 MW dentro	Iniciativas agroindustriales, uso de desechos agrícolas y cogeneración dentro de	Esquema de crecimiento enfocado en áreas rurales y en la agroindustria,	Fuente estable y complementaria, con baja dependencia del clima;

	de un total nacional de 18.777 MW, equivalente aproximadamente al 2,1 % de la capacidad instalada del país.	operaciones agropecuarias.	con un incremento esperado.	ofreciendo un buen aporte al desarrollo sostenible local.
Geotérmica	En la actualidad, la energía geotérmica no aporta a la generación eléctrica del Sistema Interconectado (0%), debido a que no existen plantas en operación comercial. No obstante, el Ministerio de Minas y Energía estima un potencial de unos 1.1170 MW en zonas volcánicas y ha autorizado procesos exploratorios, incluido el proyecto geotérmico Azufral en Nariño, impulsado por Ecopetrol.	Se estima un potencial cercano a 1.170 MW en un total de 21 áreas volcánicas.	Con normativas y permisos todavía en exploración, y la tecnología se perfila como estratégica para el año 2050.	La geotérmica se clasifica como energía firme, al estar disponible de manera continua y no depender de condiciones climáticas.

Nota. Elaboración propia a partir de base de datos publicados por Vega Araújo et al. (2025), Jefatura de Inteligencia de Negocios- Coordinación de Inteligencia Externa (2025), Ropero (2024), Ministerio de Minas y Energía (2025), Ministerio de Minas y Energía (2024), UPME (2025).

A continuación, se describen los tipos de energía limpia más relevantes y aplicables al sector empresarial colombiano, evaluando sus características, ventajas y desventajas y su impacto ambiental.

8.2 La energía fotovoltaica.

También conocida como energía solar, es un tipo de energía renovable que se genera a partir de la luz solar para producir electricidad de manera sencilla a través de los paneles solares equipados con celdas fotovoltaicas destinadas para obtener y convertir la luz solar en electricidad. (Cabra, 2023)

La energía solar fotovoltaica se presenta como una de las opciones más factibles para las empresas en Colombia. Debido al alto nivel de radiación solar, muchas empresas han optado por la instalación de paneles solares en sus operaciones con el objetivo de disminuir el consumo energético y aprovechar los beneficios fiscales disponibles.

Según Enel X (2023), la energía solar fotovoltaica posee ciertas características:

- La energía solar fotovoltaica se obtiene a través del sol y constituye una fuente inagotable de electricidad, sin riesgo de agotamiento.
- La integración de sistemas solares en la industria promueve el uso responsable de recursos naturales en el sector energético.
- Esta tecnología cumple con las metas establecidas por los objetivos de desarrollo sostenible, garantizando su suministro eléctrico seguro y asequible para diferentes sectores.
- Las empresas en Colombia y a nivel internacional están incorporando esta tecnología debido a los incentivos tributarios y sus ventajas ecológicas.

- Los paneles pueden aprovechar la luz del sol incluso en días nublados, lo que garantiza su funcionamiento en distintas condiciones.

Además, las organizaciones que apuestan por energías renovables tienen la posibilidad de acceder a incentivos fiscales, como deducciones de renta, no pago de IVA por equipos y exención de aranceles de importación, lo que facilita su adopción y aumenta la rentabilidad de las inversiones en proyectos sostenibles.

En el 2021, la capacidad funcional del sistema interconectado nacional obtuvo los 17.761 MW, esto indica 2% en relación con el 2020. La energía solar aumentó notablemente de 60 MW en 2020 a 135 MW en 2021, lo que refleja un avance importante en el desarrollo. (Vázquez, 2022)

La electricidad obtenida por paneles solares puede ser usada de forma directa en hogares, empresas e industrias. Existen dos tipos de autoconsumo fotovoltaico uno de ellos genera más energía de la que se consume; esto permite vender la energía excedente u obtener rebajas en la factura al inyectarlo en la red pública. El segundo es cuando no está conectada a la red y toda la energía se encuentra directamente en un lugar, guardándola en baterías para poder aprovecharla en la noche o en días nublados. (Vázquez, 2022)

8.2.1. Ventajas de la energía solar fotovoltaica.

En relación con las ventajas, según Geinor (2023), la energía solar fotovoltaica, se pueden mencionar cuatro aspectos positivos:

- Los paneles solares son fáciles de instalar en diferentes superficies, desde grandes espacios industriales hasta pequeños tejados

- Este tipo de energía permite una disminución significativa de los gastos mensuales en las facturas de electricidad.
- Disminuye el consumo de combustibles fósiles, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero.
- La energía fotovoltaica no genera emisiones ni residuos dañinos, que afecten al ambiente.

8.2.2. Desventajas de la energía solar fotovoltaica

Por otra parte, de acuerdo con Geinor (2023), la energía fotovoltaica también presenta algunos puntos negativos:

- Se requiere una inversión inicial elevada, que tomaría varios años en recuperarse. Aun así, existen ayudas económicas y facilidades de pago ofrecidas por administraciones a nivel estatal y regional.
- Para la instalación de paneles solares es necesario contar con grandes dimensiones en cuanto a la infraestructura.
- La obtención de energía depende completamente de la luz solar, lo que implica que no se pueda generar electricidad en la noche ni en días nublados.
- El rendimiento de los paneles puede verse afectado por la sensibilidad a condiciones climáticas, como la humedad, la niebla o el calor intenso.

En materia de costos ambientales, entre 80% y 90% de los impactos negativos de los sistemas solares fotovoltaicos provienen de la extracción de materiales y la fabricación de módulos, procesos donde se emplean compuestos potencialmente tóxicos como silicio amorfo (a-Si), el telururo de cadmio (CdTe) y el sulfuro de cadmio (Cds). Durante la fase de operación, la limpieza de paneles requiere el uso de insumos químicos, mientras que la construcción de

grandes complejos solares puede ocasionar pérdida de hábitats y reducción de biodiversidad.

Además, al finalizar su vida útil, los paneles generan grandes volúmenes de desechos estimados en 78 millones de toneladas en 2050, cuya gestión es aún insuficiente debido a la falta de mecanismos de reciclaje adecuados, lo que plantea un reto importante para la sostenibilidad de esta energía. (Sánchez Coria & Romero Pereira, 2022)

8.2.3. Panorama en Colombia.

Desde el 2020, la energía fotovoltaica en Colombia ha crecido con rapidez, destacándose en el desarrollo de proyectos de autogeneración de pequeña escala (AGPE). Estos esquemas se caracterizan por requerir cada vez menores niveles de inversión inicial y ofrecer periodos de recuperación relativamente cortos, estimados entre 5 y 8 años. Este avance ha sido posible principalmente a los beneficios fiscales vigentes, que abarcan desde la adopción de renta hasta la exención y los aranceles para equipos y componentes. (UPME, 2020)

La energía solar fotovoltaica ha tenido relevancia como alternativa energética, en virtud de los elevados niveles de radiación promedio del país (4,5 kWh/m²/ frente a un promedio mundial de 3,9). (Vázquez, 2022) Para las PYMES, ese recurso ofrece ventajas notables: contribuye a reducir la factura de energía, la posibilidad de acceder a incentivos fiscales y fortalecer la imagen empresarial orientada a la sostenibilidad. (Enel X, 2023)

En este sentido, la energía fotovoltaica se destaca como una solución atractiva, ya que en Colombia tiene amplia posibilidad de desarrollar energías renovables, particularmente la energía solar fotovoltaica, en virtud de su alta radiación solar diaria promedio de 4,5 kWh/m², por encima del promedio global de 3,9 kWh/m². El territorio de Colombia goza de 4 y 12 horas de luz solar al día, niveles altos en comparación con países como Alemania, que dispone de solo 3 horas al día. (Vázquez, 2022)

8.2.4. Impactos ambientales.

La energía fotovoltaica genera efectos ambientales favorables, como la reducción de emisión de gases contaminantes, ya que cada kilovatio-hora de electricidad generado con energía solar evita la liberación de 1 kilogramo de CO₂ en el ambiente, lo que permite la preservación de los recursos naturales y los ecosistemas. (Evolusun Generación Eficiente, 2023)

Las placas solares generan energía limpia que son duraderas, podrían durar hasta tres décadas, lo que reduciría la cantidad de desechos generados. También, emite menos gases contaminantes, lo cual favorece la mejora de la calidad de aire y la salud de los seres vivos. Por otro lado, ayuda a restaurar la capa de ozono y se fabrica con menos minerales, disminuyendo la extracción de recursos naturales. (Solar Roots Photovoltaics Experts, 2022)

Sin embargo, la instalación de paneles solares en gran dimensión puede alterar los espacios naturales, desplazando las especies y afectando la agricultura. Además, en su fabricación es necesario el uso intensivo de agua y generación de residuos materiales peligrosos al finalizar su vida útil. Por esta razón, es necesaria una correcta gestión de desechos para no provocar mayores daños al planeta. (Solar Roots Photovoltaics Experts, 2022)

Entre las empresas e instituciones que han implementado este tipo de energía se encuentran:

El Grupo Nutresa S.A.

Se posiciona como una empresa líder en la industria de alimentos procesados, que centra sus operaciones en Colombia y Latinoamérica. Su estructura empresarial se divide en ocho unidades de negocio, entre ellas: cárnicos, galletas, chocolates, cafés, Tresmontes Lucchetti (TMLUC), alimentos al consumidor, helados, pastas y otros productos. (Grupo Nutresa, 2024)

Esta empresa ha incorporado la energía renovable, mejorando el uso de los recursos y así poder minimizar el impacto ambiental. Como resultado de esta planificación, la organización ha mejorado procesos internos, generando beneficios económicos y fomentando el desarrollo social. En su fábrica de Rionegro, se instaló el techo más grande del departamento de Antioquia, con más de 8.000 paneles solares. Con esta acción, la compañía reduce 604 toneladas de emisiones de CO₂ al año, lo cual es similar a sembrar 40 hectáreas de bosque cada año. (Compañía Nacional de Chocolates, 2021)

Además, Nutresa ha optimizado el consumo energético mediante economizadores en las calderas de gas natural e incorporando sistemas de luz natural en sus plantas de producción. Estas prácticas reducen el uso de electricidad, con un porcentaje de 34.8 % en los kWh por tonelada producida desde el 2010, año en el cual se iniciaron estos proyectos. (Compañía Nacional de Chocolates, 2021)

El compromiso con el medio ambiente le ha concedido reconocimiento por parte de diversas instituciones nacionales e internacionales. Entre los premios obtenidos se destaca el Gran Líder Progresista por la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare (CORNARE) y su desempeño relevante en el Programa de Excelencia Ambiental Distrital (PREAD) en Bogotá. La incorporación de energía renovable refuerza la imagen corporativa de la empresa y se consolida como organizaciones líderes en estos sectores. (Compañía Nacional de Chocolates, 2021)

En el ámbito social, Nutresa ha demostrado su compromiso con las comunidades y productores locales. El 69% de sus colaboradores contribuyen en programas que apoyan iniciativas sociales a poblaciones vulnerables. Asimismo, la organización impulsa vínculos

inclusivos con los agricultores de cacao, impulsando el desarrollo de las zonas productoras.

(Compañía Nacional de Chocolates, 2021)

La Universidad Autónoma de Occidente en la ciudad de Cali.

La Universidad Autónoma de Occidente, en el 2010, el programa de campus sostenible desarrolló iniciativas para liberar el impacto ambiental de la universidad, aspectos como movilidad, calidad de aire, carbono, consumo consciente de recursos hídricos y energéticos, gestión de residuos y preservación de biodiversidad. Dentro de las iniciativas más relevantes de esta, se destaca el proyecto de un sistema solar fotovoltaico, en alianza con la empresa de energía del Pacífico (Epsa); se requirió una inversión de 1400 millones de pesos, en el cual este sistema está formado por 1.632 paneles solares que aportan el 15% de energía consumida en el campus, ayudando a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. (Semana, 2019)

El manejo de los recursos en el campus abarca en su totalidad las aguas residuales y la recolección de aguas lluvia para el riego de sus jardines. También emplea un lombricompostaje para transformar los residuos orgánicos generados por las cafeterías y áreas verdes, lo que contribuye a reducir el uso de fertilizantes químicos en un porcentaje de 35,5% y un 44,5% de plaguicidas químicos. (Semana, 2019)

A partir de las prácticas ambientales que ha tenido, la Universidad Autónoma de Occidente es reconocida en el puesto 43 a nivel mundial del ranking Green Metric, que compara la sostenibilidad en más de 700 instituciones educativas. Ese logro refleja la dedicación y compromiso hacia la sostenibilidad, protección ambiental y su alineación con los objetivos de desarrollo sostenible establecidos por la ONU. (Semana, 2019)

Viva Centro Comercial:

El Centro Comercial Viva Centro pertenece a la marca del negocio inmobiliario del grupo Éxito, centros comerciales ubicados en algunas regiones de Colombia, que se ha destacado por obtener la certificación de carbono neutro de ICONTEC en sus 14 centros comerciales, por segundo año consecutivo. Esta certificación destaca su esfuerzo y compromiso de prácticas sostenibles; en sus iniciativas se destaca la instalación de más de 15 000 800 paneles solares en 11 de los centros comerciales, lo que representa reducir en un 35% el consumo energético en áreas comunes, reduciendo 681 toneladas de CO₂ al año. (Notas y Noticias, 2024)

Continuando con la anterior, los centros comerciales del grupo Éxito han adoptado sistemas de iluminación LED, logrando evitar 238,8 toneladas de CO₂; también emplean una arquitectura abierta a reducir el consumo de aire acondicionado en un 87% y eliminaron extintores que tienen sustancias nocivas para la capa de ozono. En términos de construcción sostenible, algunos centros como Viva Tunja y Guajira han sido certificados con LEED por su enfoque de materiales reciclados. (Notas y Noticias, 2024)

Desde el enfoque empresarial, la energía fotovoltaica en Colombia ofrece una ventaja competitiva tanto en términos ambientales como económicos, ya que el país cuenta con alto potencial derivado de su ubicación geográfica privilegiada para el desarrollo de energías renovables. La inversión en estas fuentes permite a las empresas reducir sus costos operativos y al mismo tiempo fortalecer su imagen corporativa. Empresas como Nutresa y Grupo Éxito han aprovechado estos beneficios, logrando reducir sus emisiones de CO₂ y los gastos energéticos a largo plazo.

Un beneficio adicional es el reconocimiento como líderes de sostenibilidad, puesto que las compañías como empresa y Universidad Autónoma de Occidente han mejorado su reputación

mediante prácticas sostenibles, un atributo que va a ser valorado cada vez más por la comunidad y sus clientes.

8.2.5. Impactos ambientales positivos.

Une los sistemas fotovoltaicos; contribuye de manera significativa a la mitigación de cambio climático al reducir emisiones de gases de efecto invernadero y limitar el consumo de combustibles fósiles, evitando aproximadamente 1 kg de CO² por cada kWh generado (Evolusun Generación Eficiente, 2023). En el ámbito empresarial, ese beneficio ambiental genera ventajas competitivas, ya que las PYMES pueden proyectar una imagen alineada con la sostenibilidad y acceder a certificaciones ambientales reconocidas. Asimismo, los proyectos de autogeneración a pequeña escala se consolidan como una alternativa financieramente viable, con periodos de retorno de entre 5 y 8 años, favorecidos por los ahorros en consumo eléctrico y los beneficios tributarios existentes. (UPME, 2020)

8.2.6. Impactos ambientales negativos.

A pesar de los beneficios que ofrece, la energía fotovoltaica genera efectos adversos que deben ser considerados. Se estima que entre el 80 % y el 90 % de los efectos ambientales provienen de la extracción de recursos y la fabricación de módulos, procesos en los que se requieren materiales tóxicos como el telurio de cadmio (CdTe) y el sulfuro de cadmio (CdS). (Sánchez Coria & Romero Pereira, 2022)

A eso se le suma la creciente acumulación de residuos; para el 2025 podría acumularse cerca de 78 millones de toneladas de desechos, sin que exista un mecanismo adecuado de reciclaje. Para las PYMES, que carecen de sistemas de gestión de residuos avanzados, ese factor se convierte en un obstáculo importante para la adopción de la tecnología.

8.2.7. Viabilidad en PYMES

El uso de energía solar fotovoltaica en PYMES ofrece una tabla potencial, aunque enfrenta desafíos estructurales. En términos positivos, la flexibilidad de los paneles permite su instalación en espacios disponibles con techos de bodega, comercios o pequeñas plantas industriales, evitando la necesidad de grandes áreas de terreno (Geinor, 2023). De igual manera, han surgido mecanismos financieros que buscan facilitar el acceso a esta energía, tales como contratos de arrendamiento o convenios con proveedores especializados, que asumen los gastos de instalación y recuperan el capital mediante ahorro en la factura eléctrica.

Pese a ello, aún persisten retos que dificultan su adopción, como el difícil acceso a créditos especializados, la escasa capacitación técnica para el mantenimiento de los equipos y la dependencia de factores climáticos. Estos factores hacen evidente la necesidad de políticas públicas y apoyos financieros especiales específicos para garantizar que los beneficios de esta tecnología también alcancen a las PYMES y no se concentren únicamente en grandes corporaciones, las cuales han implementado proyectos de escala con importantes reducciones de emisiones de CO₂.

En resumen, la energía solar fotovoltaica se presenta como una opción estratégica para las PYMES en Colombia, que permite disminuir los gastos energéticos y fortalecer su competitividad en un entorno empresarial cada vez más enfocado en la sostenibilidad. Aun así, su implementación trae consigo retos ambientales asociados al ciclo de vida de los paneles, la dependencia de los insumos minerales críticos y la falta de sistemas adecuados para la gestión de residuos. Esos aspectos demandan la creación de políticas públicas más robustas y mecanismos de apoyo financiero adecuados a la realidad de las pequeñas empresas. El desafío central se encuentra en lograr que los beneficios económicos y ecológicos tengan un equilibrio en ventajas

económicas y ambientales con la reducción de sus efectos negativos, asegurando que la transición energética se lleve a cabo bajo principios de inclusión y sostenibilidad duradera.

8.3 La energía eólica.

Esta energía es aquella obtenida del viento, un recurso que ha sido utilizado por la humanidad durante siglos, aprovechado desde los molinos que molían trigo hasta las velas de los barcos. Actualmente, la tecnología ha avanzado, permitiendo que la energía cinética del viento se convierta en electricidad por medio de turbinas o aerogeneradores. (Enel, 2022)

En cuanto a su participación dentro de la matriz energética del sistema interconectado nacional, es mínima (0,1%) de la matriz energética del país, que ha crecido paulatinamente en el 2021. El progreso en el desarrollo de proyectos eólicos pretende maximizar los fuertes vientos que en su mayoría La Guajira posee; un gran potencial, dado que la velocidad del viento en esta zona supera en un 100% el promedio mundial. Su proyección alcanzará 1 GW en 2030, 3 GW para 2040 y 9 GW hacia el 2050, siguiendo la directriz del Ministerio de Minas. En la UPME hay inscritos 31 proyectos eólicos, 12 de ellos en el mar. Aunque existen algunas barreras como requisitos ambientales y consultas previas. Para avanzar, según expertos, es necesaria una estabilidad jurídica y regulación estable, ya que los empresarios o entes interesados buscan estabilidad regulatoria, en vista de que se enfrenten a cambios inesperados que perjudiquen su rentabilidad. (La República, 2024)

El recurso eólico en La Guajira se encuentra entre los más destacados a nivel global; sin embargo, la materialización de proyectos adicionales se encuentra condicionada por aspectos regulatorios como licenciamiento, los procesos de consulta previa y la infraestructura de transmisión eléctrica. A nivel económico, la inversión de capital (CAPEX) se posiciona como

competitiva frente a otras fuentes tradicionales de generación, con periodos de retorno estimados entre 7 y 12 años, según el factor de planta. (UPME, 2020)

De acuerdo con Repsol (2023), la energía eólica ofrece diversos beneficios que la convierten en una opción viable y eficiente dentro de la transición energética. Entre sus principales características son:

- Recurso inagotable y renovable.
- Disponible a nivel global.
- Basada en tecnología innovadora.
- Genera oportunidades económicas y empleo.
- Permite estabilidad y se adapta a diferentes escalas de producción.
- Contribuye a la reducción del impacto ambiental y de la huella de carbono.
- Puede integrarse fácilmente en las redes eléctricas convencionales.
- Puede combinarse con otras fuentes renovables para mayor eficiencia.
- Sus estructuras tienen una larga vida útil

La producción de energía eólica comienza cuando el viento gira las palas, lo que activa el motor. Este movimiento permite que una multiplicadora incremente la velocidad de rotación, generando así energía cinética, llegando esta energía al generador, donde esta se convierte en eléctrica, mediante cables hacia un transformador que recoge toda la electricidad generada por los distintos aerogeneradores. (Enel, 2022)

8.3.1. Ventajas de la energía solar eólica

Para Pérez M. (2023), la energía eólica presenta diversas ventajas, entre las cuales se destacan:

- Es una fuente de energía renovable, ya que no emite contaminantes ni residuos tóxicos; del mismo modo, el viento es inagotable y accesible en todas partes del mundo.
- Permite almacenar baterías que disponen de la energía eólica para su uso posterior.
- Su vida útil se extiende en virtud de los avances tecnológicos, requiriendo poco mantenimiento y generando bajos costos.

8.3.2. Desventajas de la energía solar eólica

La energía eólica no está exenta de desafíos. Como señala Pérez M. (2023) enfrenta ciertas limitaciones, entre las cuales se destacan las siguientes:

- Los aerogeneradores producen ruido para las personas, aunque ha ido disminuyendo con el paso del tiempo y con el desarrollo de nuevas tecnologías.
- Representan un peligro para las especies voladoras; no obstante, las mejoras han permitido que las aves no lo vean como un obstáculo y se utilicen mecanismos para detectarlas y parar el aerogenerador, con el fin de evitar riesgo.
- Eficiencia limitada, debido a que depende su ubicación para que los vientos sean constantes y se logre una buena instalación.
- Su inversión inicial resulta costosa a causa de su infraestructura, aunque su administración y mantenimiento son significativamente más económicos.

Si bien la energía eólica representa una alternativa para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, no está libre de repercusiones ambientales. Los aerogeneradores pueden ocasionar la muerte de aves y murciélagos por colisión, así como la contaminación acústica y el impacto visual que estos generan. De igual manera, el reciclaje de aspas, fabricadas en materiales compuestos, sigue siendo un desafío al llegar al final de su vida útil. En el caso de parques

marinos, el ruido submarino generado durante la instalación puede afectar a especies acuáticas cuando no emplea medidas de control adecuado. (International Finance Corporation, 2015)

8.3.3. El impacto ambiental.

Este tipo de energía genera un impacto positivo en relación con el cambio climático, dado que no produce gases contaminantes, ni requieren de recursos naturales como el caso del agua. Se adapta a cualquier multitud de ambientes distintos y es posible no intervenir con la flora y la fauna. Cabe resaltar, que esta maneja grandes dimensiones de tierra, lo que perjudica a las especies vegetales, al igual que por su alta tensión al momento de instalarlas llevaría a la tala de árboles. Con respecto a la energía eólica offshore, el ruido que produce perjudica a la fauna marina. En conclusión, la ubicación correcta evitaría daños en la biodiversidad; también se incorporan motores más eficientes que disminuyen el nivel de emisiones acústicas. (Mint Rethinking the Future, 2021)

Parque Eólico AES

El proyecto eólico Jemeiwa Ka'i de AES, ubicado en La Guajira consta de seis parques eólicos con una capacidad de 1,1 gigavatio (GW). Actualmente, se encuentra en las últimas etapas de su licenciamiento que busca abastecer el Sistema Interconectado Nacional (SIN), mientras estudia la viabilidad del hidrógeno verde como fuente de energía alternativa. Además, La Guajira es conocida por sus fuertes vientos excepcionales, asegurando que los parques sean una fuente confiable y competitiva. (Morales, 2024)

Los parques eólicos, clasificados como JK1, JK2, JK3, JK4, JK5 y JK6, utilizan una tecnología avanzada que permite que las turbinas tengan hasta 6 MW cada una, duplicando la producción de energía sin aumentar el número de turbinas. La empresa ha avanzado en licencias

ambientales y acuerdos con comunidades locales, a las que se destinará el 35% de sus utilidades. Se estima que la construcción inicie en el 2025 y se planea que dure entre 18 y 24 meses, con operación sujeta de la línea colectora. (Morales, 2024)

Así mismo, AES está explorando la producción de hidrógeno verde como una solución para el excedente de energía que no será incorporado al Sistema Interconectado Nacional (SIN). En efecto, La Guajira destaca por su gran capacidad de producción de hidrógeno verde, teniendo en cuenta estudios de viabilidad. De igual modo, la empresa destaca que ese proyecto generará una estabilidad en la energía energética en Colombia, especialmente en épocas críticas como aquellas causadas por el fenómeno del niño, donde la energía eólica puede ser clave, brindando una mayor confiabilidad, teniendo en cuenta el método de cálculo de energía firme. (Morales, 2024)

Parque Eólico Guajira 1.

El parque eólico localizado en Uribia, La Guajira, que fue inaugurado oficialmente, empezará sus pruebas de generación eléctrica. Es el primero de un conjunto de 16 parques eólicos previstos para la zona, con una capacidad instalada de 20 megavatios (MW), equivalente al consumo energético de 33,295 familias. (López A, 2022)

Este parque ocupa 5,5 hectáreas y está registrado como mecanismo de desarrollo limpio (MDL), permitiéndole así obtener Certificados de Reducción de Emisiones (CER), disminuyendo 136 toneladas de CO₂ al año. La inversión de este proyecto superó los 75,000 millones y contó con la empresa Isagen, y la construcción la asumió el Grupo Elecnor, donde se espera que ese proyecto se fortalezca e impulse la transición de la energía en Colombia, apoyado por incentivos fiscales y políticas de gobierno. (López A, 2022)

8.3.4. Panorama en Colombia.

Para las empresas en Colombia, la energía eólica se presenta como una alternativa favorable, especialmente en las zonas con gran recurso eólico como La Guajira. A las empresas cercanas a este tipo de energía les resultaría útil, por lo que su mantenimiento es relativamente bajo a pesar de que su inversión inicial es elevada. Esto permitiría realizar una inversión a largo plazo que tendría beneficios económicos para la organización, además de contribuir con el medio ambiente. Este tipo de energía tiene una ventaja considerable debido a su mayor estabilidad en el suministro eléctrico en comparación con otras energías, lo que la hace más constante y confiable.

Los parques eólicos generalmente se desarrollan a partir de la colaboración de diversas empresas nacionales e internacionales, con el fin de poder tener un uso eficiente de los recursos de manera sostenible. Además de que el gobierno colombiano ofrece incentivos para todos los proyectos de energía renovable para así disminuir la carga tributaria y mejorar el retorno de la inversión.

La participación de energía eólica en el sistema energético de Colombia sigue siendo limitada; se proyecta como una de las opciones más relevantes para la diversificación del sistema eléctrico colombiano. El caso de La Guajira ilustra claramente ese potencial, dado que los vientos en la región superan el promedio global. Este contexto abre la puerta a inversionistas con proyecciones de crecimiento que alcanzarían varios gigavatios en las próximas décadas.

8.3.5. Impactos ambientales positivos.

Durante su funcionamiento, la energía eólica no emite gases de efecto invernadero, lo que la convierte en una alternativa con una huella de carbono mucho menor que las fuentes convencionales de generación. Además, su operación no requiere agua, lo que reduce los

impactos sobre los ecosistemas hídricos, y las estructuras cuentan con una larga vida útil, garantizando estabilidad en la provisión. (Repsol, 2023)

De igual forma, proyectos como el parque eólico en La Guajira, alcanzan certificaciones bajo mecanismos de desarrollo limpio, accediendo a certificados de reducciones de emisiones (CER) y evidenciando su aporte en la mitigación del cambio climático. (López A., 2022)

8.3.6. Impactos ambientales negativos.

Pese a sus beneficios, la energía eólica presenta una serie de externalidades que deben ser consideradas. Las turbinas producen ruidos constantes que afectan tanto a comunidades cercanas como a la fauna, los riesgos para especies voladoras como aves y murciélagos que sufren colisiones frecuentes. (International Finance Corporation, 2015). En el caso de los parques marinos, el ruido submarino derivado de obras de instalación puede alterar la vía marina si no se aplican los protocolos de mitigación adecuados. (Mint Rethinking the Future, 2021). A eso se le suma la dificultad de reciclar las aspas fabricadas con materiales compuestos, lo que representa un desafío al concluir su vida útil. Por último, el despliegue de aerogeneradores en terrenos de gran extensión puede ocasionar pérdida de flora y fragmentos de hábitats naturales.

8.3.7. Viabilidad en PYMES

El aprovechamiento directo de la energía eólica por parte de las PYMES enfrenta mayores dificultades que en las empresas de mayor tamaño, esto se debe a los elevados costos de infraestructura, los largos periodos de retorno de inversión relativamente largos, entre 7 y 12 años, y la necesidad de terrenos extensos que superan la capacidad de estas organizaciones (Pérez M., 2023; UPME, 2020) No obstante, se identifican alternativas de participación indirecta:

- Cadena de suministro y servicios: Las PYMES pueden desempeñar un papel clave como proveedor de servicios de mantenimiento, logística y asistencia técnica a los parques eólicos.
- Acceso Incentivos Tributarios: La normativa nacional en energías renovables incluye incentivos fiscales que abren oportunidades para que las PYMES se integren en proyectos mediante contratos o asociaciones.
- Beneficios en el Suministro Eléctrico: Las empresas ubicadas en la proximidad a los parques heroicos se benefician de una mayor confiabilidad en el suministro eléctrico, mitigando riesgos vinculados a la variabilidad climática, especialmente durante los eventos del fenómeno del Niño. (Morales, 2024)

La energía eólica constituye una de las alternativas más estratégicas para la transición energética, al favorecer la disminución de emisiones y reforzar la seguridad en el suministro eléctrico. No obstante, su adopción enfrenta desafíos derivados e impactos ambientales como la mortalidad de aves, la generación de ruido y el manejo de residuos de aspas, además de los altos costos de inversión, factores que limitan su adopción directa por parte de las PYMES. Para ese tipo de compañías, el valor agregado no está en la instalación directa de auto generadores, sino en vincularse como proveedores dentro de la cadena de valor del sector, prestando servicios especializados y promoviendo encadenamientos productivos. En este sentido, la inclusión de las PYMES dependerá de las políticas públicas y mecanismos de financiamiento que garanticen la participación de las pequeñas y medianas empresas en el desarrollo de la energía eólica.

8.4 Energía hidráulica.

La energía hidráulica constituye una fuente de energía renovable que se origina a partir del movimiento del agua, transformando su fuerza en electricidad. Funciona mientras centrales hidroeléctricas, donde el agua almacenada en embalses o la corriente de ríos, es utilizada para accionar turbinas que generan energía. Desde la antigüedad, diversas civilizaciones han aprovechado esta energía; empleaban molinos hidráulicos para utilizar la fuerza del agua en distintas actividades. En la actualidad, esta fuente de energía sigue siendo fundamental en la generación eléctrica a nivel global, representando una parte importante del suministro energético en varios países. (Endesa Energía, 2021)

De acuerdo con el boletín estadístico de la UPME (2025), señala que la hidroelectricidad aporta 13.206 MW a la capacidad instalada del país, lo que corresponde al 66% del total de la matriz de energía eléctrica del país. Asimismo, el potencial técnico de generación supera los 93 GW al incluir tanto grandes como pequeñas centrales. La construcción de esta central le requiere inversiones estimadas entre 1,5 y 3 millones de dólares por cada megavatio instalado, con una durabilidad que puede sobrepasar cinco décadas y un retorno económico esperado entre 10 y 15 años.

Pese a sus ventajas de eficiencia y estabilidad, los proyectos hidroeléctricos también implican riesgos ambientales y sociales relevantes, tales como la alteración de ecosistemas acuáticos y desplazamiento de comunidades. Esas limitaciones han ofrecido el desarrollo de iniciativas de menor escala que buscan equilibrar la generación energética con la sostenibilidad. (UPME, 2025)

En relación con las características de la energía hidroeléctrica, de acuerdo con McGrath y Jonker (2024), se pueden encontrar:

- Utiliza el agua como fuente primaria sin agotarla, sin comprometer la disponibilidad futura.
- Transforma de manera óptima la energía del agua en electricidad, minimizando pérdidas energéticas.
- Al no emitir gases contaminantes en su funcionamiento, ayuda a la reducción del impacto ecológico.
- Puede almacenar agua en embalses y ser utilizada en momentos de mayor demanda.

Asimismo, un sistema hidroeléctrico convencional está compuesto por tres elementos principales: una planta generadora de electricidad, una presa que controla el paso de agua, y un embalse que la almacena. El agua almacenada fluye a través de una entrada controlada, moviendo las palas de una turbina. Este movimiento hacia un generador que convierte la energía del agua en electricidad. La cantidad de electricidad generada está determinada por la cantidad de agua en circulación y la altura desde la que cae. La energía obtenida se transporta mediante redes eléctricas hacia hogares, industrias y comercios. (Nunez, 2022)

8.4.1. Ventajas de la energía hidráulica.

Como lo señala Gil H (2024), este tipo de energía ofrece diversas ventajas, algunas de ellas son:

- Se obtiene del agua, un elemento natural que genera continuamente a través del ciclo hidrológico.
- No emite gases contaminantes, lo que contribuye a la protección del medio ambiente.
- Reduce la demanda de utilizar carbón, petróleo y gas, promoviendo una transición hacia un modelo energético más sustentable.

- Es una de las fuentes de energía más avanzadas y confiables, con un alto nivel de rendimiento y estabilidad en la generación de energía eléctrica.
- Brinda la posibilidad de que tanto las empresas como las comunidades produzcan su propia energía, reduciendo la necesidad de depender de redes convencionales.
- La represa es hidroeléctrica, contribuye a la estabilidad caudal de los ríos, minimizando la probabilidad de desbordamientos e inundaciones.
- Durante periodos de menor demanda, el agua puede ser almacenada en un embalse superior y liberada en periodos de mayor consumo.

8.4.2. Desventajas de la energía hidráulica.

Por el contrario, según Gil H (2024), entre las desventajas de la energía hidroeléctrica se pueden mencionar:

- La construcción de represas puede modificar el flujo natural de ríos, alterando la vida de la especie que depende de estos cuerpos de agua.
- La creación de embalses implica la inundación de grandes áreas, afectando áreas fértiles, bosques y hábitats naturales.
- En algunos casos, las comunidades ubicadas cerca de las infraestructuras hidroeléctricas deben desplazarse debido a la construcción de represas, alterando sus condiciones de vida.
- Fenómenos climáticos como sequías o lluvias intensas pueden afectar la capacidad de producción energética en las hidroeléctricas.
- La construcción de represas y el uso del agua puede generar disputas entre poblaciones locales, gubernamentales y empresariales debido a su impacto y distribución.

Las represas hidroeléctricas de gran escala en Colombia suelen tener consecuencias negativas, como el desplazamiento de poblaciones, la alteración drástica de caudales, la acumulación de sedimentos y la reducción de la biodiversidad en diferentes tramos de río. Este tipo de proyectos también altera de forma considerable los ecosistemas fluviales y repercute en medios de subsistencia como pesca y agricultura. Por ello, se impulsa la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), que representan una menor huella socioambiental sin dejar de aportar a la producción energética. (Andrade Navia & Olaya Amaya, 2023)

El sistema energético colombiano está experimentando un cambio significativo debido a los efectos socioambientales de proyectos hidroeléctricos como hidroituango, proyecto localizado sobre el río Cauca. A pesar de que estas plantas continúan aportando el 68% de energía al país, sus elevados costos sociales, el daño ecológico y los desafíos climáticos han llevado a reconsiderar su futuro en la matriz energética nacional. (Austria & González, 2022)

La sostenibilidad de grandes represas en Colombia ha sido ampliamente debatida, en especial luego de los problemas presentados con hidroituango. Ese proyecto ha marcado un antes y un después debido a su alto costo, que alcanzaron los 16.2 billones de pesos, los constantes retrasos en su puesta en marcha y sus severos impactos ambientales y sociales. Su desarrollo ha evidenciado los desafíos asociados a este tipo de obras y ha puesto en cuestionamiento su viabilidad, así como la conveniencia de seguir construyendo grandes represas en el país.

Adicionalmente, los impactos negativos han sido significativos, generando la pérdida de ecosistemas, obligando el desplazamiento de comunidades y la disminución de la biodiversidad, lo que ha aumentado la resistencia de distintos sectores frente a estos proyectos. (Austria & González, 2022)

Aunque las grandes hidroeléctricas han enfrentado una crisis, los embalses siguen siendo una alternativa eficaz para el almacenamiento de energía, permitiendo estabilizar el suministro eléctrico en momentos de alta demanda. No obstante, los efectos del cambio climático, como sequías prolongadas e inundaciones, han afectado la confiabilidad de la generación de hidroeléctrica a largo plazo. (Austria & González, 2022)

8.4.3 Panorama en Colombia.

El potencial hidroeléctrico de Colombia sigue siendo significativo, pero el futuro del sector se orienta hacia iniciativas más responsables, con menor impacto ambiental y social, para una mayor diversificación. La transición energética ya está en proceso, y en este contexto, el país busca desarrollar estrategias para fortalecer su matriz energética, evitando errores anteriores. (Austria & González, 2022)

Frente a este panorama, Colombia está apostando por proyectos hidroeléctricos más pequeños. Las microcentrales hidroeléctricas están cobrando relevancia, ya que permite generar energía sin impactos ambientales y sociales de los embalses a gran escala. Al mismo tiempo, el país avanza en la expansión de fuentes de energía renovable, como la solar y eólica, especialmente en regiones como La Guajira y la Costa Caribe han sido clave en estas estrategias. Con esta transición se busca diversificar la producción eléctrica y mitigar los efectos ambientales y sociales. (Austria & González, 2022)

La energía hidroeléctrica se mantiene como la principal fuente de generación en Colombia, con cerca de 66% de la capacidad instalada y un potencial técnico superior a los 93 GW. (UPME, 2025) Su importancia radica en la confiabilidad y estabilidad que ofrece al sistema eléctrico, además de contar con una vida útil prolongada que puede extenderse por más de cinco décadas. Al ser una tecnología madura, ofrece condiciones favorables de rentabilidad, en un

rango de 10 a 15 años, con costos competitivos frente a otras alternativas energéticas. (Endesa Energía, 2021)

8.4.4. Impactos ambientales positivos.

Las centrales hidroeléctricas producen significativamente menos emisiones directas de gases de efecto invernadero que centrales térmicas, lo que la convierte en un aliado importante en la lucha contra el cambio climático y en la disminución de la dependencia de combustibles fósiles. (Endesa Energía, 2021). Otro aspecto clave es que los embalses de las centrales hidroeléctricas funcionan como grandes “baterías” de agua, ayudando no solo en la generación sino también en la regulación del suministro eléctrico hacia una matriz más descarbonizada. (Austria & González, 2022)

Durante años, esta fuente de energía se considera como la más limpia y ha generado beneficios colaterales, como el manejo de caudales y la disminución de los riesgos de inundación en áreas vulnerables.

8.4.5. Impactos ambientales negativos.

A pesar de sus beneficios, energía hidroeléctrica suele generar impactos de gran magnitud sobre el ambiente y la sociedad. La construcción de grandes represas altera de manera significativa al régimen natural de los ríos, lo que provoca la pérdida de diversidad y transformación de los ecosistemas acuáticos (Andrade Navia & Olaya Amaya, 2023; Gil H, 2024).

Proyectos como en hidroituango han demostrado de forma evidente estas problemáticas, reflejadas en el desplazamiento de comunidades enteras, el aumento de seguimientos, la disminución de pesca y los gastos financieros que alcanzaron los 16,2 billones de pesos,

acompañado de retrasos recurrentes y daños ambientales significativos. (Austria & González, 2022). Todo esto ha alimentado la oposición social y abierto el debate sobre la pertinencia de continuar apostando por grandes represas.

8.4.6. Viabilidad en PYMES

En el caso de las PYMES, la energía hidroeléctrica a gran escala no constituye una opción directa, ya que requiere inversiones iniciales muy altas y horas de infraestructura complejas. No obstante, las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) y las microcentrales surgen como noción más accesible y realista. Estos desarrollos ofrecen la posibilidad de generar electricidad con huella ambiental y social mucho menor, reduciendo las afectaciones generadas por grandes represas y aportando simultáneamente beneficios energéticos a empresas de menor tamaño y comunidades cercanas (Andrade Navia & Olaya Amaya, 2023). En este sentido, las PYMES pueden hacer a un suministro más estable, ahorro económico a futuro y la posibilidad de participar en proyectos locales de generación distribuida.

En este contexto, la hidroelectricidad se mantendrá como un pilar de la matriz energética colombiana, aunque su futuro está marcado por un proceso de transformación. Aunque sus ventajas en términos de confiabilidad, eficiencia y mitigación de emisores son innegables, los problemas derivados de las grandes represas han evidenciado límites para su crecimiento futuro. En este escenario, las PYMES encuentran mayores oportunidades en proyectos de menor escala, como las pequeñas y microcentrales eléctricas, que equilibran mejor la sostenibilidad con la reducción de impactos. La clave estará en fortalecer instrumentos de política y esquema de funcionamiento que promuevan este tipo de alternativas, asegurando la continuidad de hidroelectricidad como fuente estratégica sin repetir experiencias negativas como la de hidroituango.

8.5 La energía biomasa.

Se genera mediante la combustión de materia orgánica, que incluye residuos de la ganadería, residuos de podas de árboles, ciertos cereales y restos de aceite industrial. Representa una alternativa sostenible que produce calefacción, electricidad y diferentes combustibles. Esta energía se transforma a través de calderas en hogares y edificios en plantas industriales mediante procedimientos biológicos y termoquímicos. (Endesa, 2022)

La biomasa se forma a través de la fotosíntesis, en el cual las plantas convierten dióxido de carbono CO₂ y agua en compuestos orgánicos, acumulando energía solar. Esta energía puede ser transformada en energía térmica, eléctrica o en biocombustibles, la cual se suministra energía a las baterías utilizadas en vehículos y así reducir combustibles contaminantes. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018)

De acuerdo con la investigación de Pérez et al. (2023), el aprovechamiento de biomasa residual en el país podría generar entre 1.696 y 2.111 MW de electricidad, capacidad que representaría entre el 74% y el 92% de la demanda nacional de energía.

Aunque en el país no existen cifras actualizadas respecto a los costos locales de instalación, un estudio europeo calculó que el valor de una planta de cogeneración (CHP) se sitúa alrededor de 5.528 US\$/kW, con gastos fijos de operación y mantenimiento cercanos a 41 US\$/kW-año, y costos variables aproximados de 0,07 US\$/kWh. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2012)

De igual forma, el sector agroindustrial aporta de manera importante a la disponibilidad de biomasa, evidenciando en estudios nacionales que se destaca el aprovechamiento de residuos como el bagazo de caña de azúcar. (Pérez et al. 2023)

Las características esenciales de la energía biomasa, según Gil H (2024) son:

- Su origen proviene de recursos naturales que pueden regenerarse constantemente, como restos agrícolas, madera y excrementos animales.
- Se obtiene a partir de diversas fuentes biodegradables, tales como cultivos agrícolas, restos forestales, residuos industriales y desechos urbanos.
- Es aprovechada por la generación eléctrica en centrales térmicas, en sistemas de calefacción domésticos e industriales, y producción de combustibles alternativos.
- Permite reducir el volumen de residuos orgánicos mediante la conversión de energía, promoviendo un modelo de aprovechamiento más sostenible y reduciendo la contaminación.
- Reducción del impacto ambiental frente a los combustibles fósiles, ya que el carbono emitido proviene de materia orgánica recientemente absorbida por las plantas.
- Preserva los ecosistemas y disminuye los incendios forestales.
- Puede implementarse en instalaciones de gran capacidad como el sistema más pequeño para abastecimiento doméstico y comunitario.
- Su producción estimula la economía local, en el sector agrícola, forestal e industrial, impulsando la generación de empleo.

El desarrollo de microplantas de biomasa representa una alternativa viable para electricidad en áreas remotas del país, favoreciendo la expansión de energías renovables en regiones que no están conectadas al sistema eléctrico nacional. En estos lugares, el uso de

fuentes limpias aumentó del 8% en el 2012 al 20% en el 2015, con una expectativa de llegar al 30% en el 2020. (Revista Semana, 2017)

8.5.1. Panorama en Colombia.

En el contexto colombiano, el uso energético de la biomasa residual tiene un potencial estimado de generación eléctrica de hasta 2.111 MW. Los estudios indican que la cogeneración tendría un costo de inversión aproximado de 5.528 dólares por kW, mientras que los gastos de operación y mantenimiento alcanzan en promedio 41 dólares por kW al año. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2012)

Colombia posee un amplio potencial para la generación de energía a partir de biomasa, aprovechando residuos de actividades agrícolas, forestales y desechos urbanos o ganaderos. Además, cultivos como la caña de azúcar, el banano, el arroz y el café generan productos que pueden que se pueden transformar en energía, representando al 17% de la matriz energética del país, consolidándose como una alternativa competitiva para la generación de energía local como para la exportación de biomasa y biocombustibles. (Revista Semana, 2017)

La energía biomasa residual del sector ganadero en Colombia, es un recurso energético que se explota muy poco. Actualmente, el país depende de la energía hidroeléctrica en un 70% y termoeléctrica en un 29,3%, con un mínimo de alternativas renovables. Cada año se producen 81 millones de toneladas de estiércol, especialmente de ganado bovino, aves y cerdos, lo que equivale a un potencial energético aproximado de 75.000 Tera Julio (10^2) por año. No obstante, únicamente se podría aprovechar el 14.3% de este potencial debido a la falta de infraestructura para la recolección y tratamiento de estiércol. (López et al., 2018)

8.5.2. Ventajas de la energía biomasa.

Dentro de las ventajas de este tipo de energía, según Ropera (2020) se destacan las siguientes:

1. Generar menor contaminación, puesto que produce menos emisiones de CO₂ en referencia con los combustibles fósiles.
2. La biomasa está disponible en todo el mundo y es más económica.
3. Disminuye los residuos orgánicos e inorgánicos.
4. Aunque la combustión de biomasa libera CO₂, las plantas cultivadas para energía absorben este dióxido de carbono, lo que ayuda a equilibrar las emisiones generadas.

8.5.3. Desventajas de la energía biomasa.

Según Ropera (2020), la biomasa también presenta ciertas desventajas, entre las cuales se encuentran:

- La alta humedad que produce la biomasa exige un secado de variables que aumentan el gasto energético.
- Se requiere de un gran espacio para su almacenamiento y amplias extensiones de terreno.
- Si no se hace de manera responsable, se puede llevar a la destrucción de ecosistemas y tala de bosques.
- La combustión puede llegar a emitir sustancias tóxicas que demandan temperaturas mayores que 900 °C para ser confiable.

Cuando la biomasa se utiliza sin seguimiento riguroso de su origen ni un plan de trazabilidad, puede desencadenar series consecuencias ambientales y sociales. En primer lugar, la ausencia de regulación favorece prácticas como el cambio en el uso del suelo y la deforestación,

lo que repercute directamente en la pérdida de hábitats naturales y en la reducción de la capacidad de los ecosistemas para capturar carbono. En segundo lugar, el proceso de combustión de biomasa en condiciones técnicas deficientes libera contaminantes atmosféricos como el material particulado, óxido de nitrógeno y dióxido de carbono, contribuyendo tanto al deterioro de la calidad del aire como el aumento de gases en efecto invernadero. Otro aspecto relevante es el transporte de la biomasa: los procesos de acopio, traslado y distribución demandan un alto consumo energético, el cual puede incrementarse significativamente si las distancias de movilización son largas, disminuyendo con ello los beneficios ambientales. (Red Iberoamericana de Biomasa y Bioenergía Rural, 2021)

El desarrollo de la energía biomasa enfrenta diversas barreras regulatorias y jurídicas que dificultan su desarrollo. Aunque la ley 1715 del 2014 fue diseñada para fomentar las energías renovables y disminuir la dependencia de las hidroeléctricas y plantas térmicas, sus exigencias han dificultado la inversión privada en bioenergía. Además, la normativa actual impone restricciones en la venta de electricidad a la red nacional, ya que solo permite la comercialización de energía con suministro constante, limitando a los pequeños productores que generan de forma intermitente. (Revista Semana, 2017)

Para consolidar su competitividad en bioenergía, el país necesita fortalecer su inversión en innovación y desarrollo tecnológico, por lo que actualmente solo se asigna el 0,26% el Producto Interno Bruto (PIB) en el sector, una cifra considerable menor que la de Francia con un 2, 24% consolidándose como un líder en tecnologías de biomasa. (Revista Semana, 2017)

8.5.4. Impacto ambiental.

La implementación de energías renovables a partir de la biomasa genera un impacto ambiental importante, dado que aprovecha los residuos agrícolas y orgánicos, volviéndolos

útiles, para así reducir las emisiones contaminantes de efecto invernadero, y favorecer al cambio climático. En la agricultura, se optimiza la fertilidad del suelo por medio de uso de abonos orgánicos, aumentando la productividad sin afectar el equilibrio natural. (Hernández L. A., 1994)

Planta de biomasa para suministro de Ecopetrol.

Esta planta está ubicada en Villanueva Casanare, mediante la Unión de EDF Colombia y Refocosta, empresas dedicadas a la mitigación de impactos ambientales, con el propósito de suministrar energía al grupo Ecopetrol. Este proyecto tiene la capacidad de generar 25 MW de energía a partir del uso de eucalipto, que ayudará a disminuir las emisiones de CO₂ en más de 70.000 toneladas al año. Este proyecto es solo el inicio de la energía biomasa que se pretende que alcance hasta 200 MW en toda Colombia, ayudando a la economía local mediante una red de valor que aportaría desde la siembra hasta el suministro de energía. (Ecopetrol, 2023)

La construcción comenzará en el primer trimestre del 2023, con el propósito de que las operaciones inicien a comienzos del 2025. Ese tipo de energía aporta a la descarbonización y a la seguridad energética en Colombia, además de alinear una matriz energética más limpia y diversificada. Según Felipe Bayón, quien es el presidente de Ecopetrol, destacó que ese tipo de energía facilitará la producción de hidrógeno verde, fortaleciendo el rol de la empresa hacia energías renovables. (Ecopetrol, 2023)

Empresa incubadora de Santander.

Reconocida por su marca de huevos Kikes, en el 2017 lanzó una planta de energía de biomasa ubicada en la granja Egipto en Caloto, Cauca. Esta es una pionera en el país, en la cual se genera electricidad a partir de los residuos de las gallinas, demostrando su compromiso con la sostenibilidad y la diversificación energética. Con una capacidad instalada de 2.6 MW, repartidos

en tres unidades generadoras desde 0.8 MW hasta 1 MW, la planta abastece el consumo energético de la granja, y vende los excedentes al Sistema Interconectado Nacional. (Pérez et al., 2023)

Esta planta procesa diariamente 110 toneladas de tratamiento diario de gallinaza, transformando esa materia orgánica mediante un proceso de purificación y digestión anaeróbica. Luego de eso, la materia orgánica se transforma en biogás con alto contenido de metano, que después se purifica y alimenta a un generador eléctrico. (Pérez et al., 2023)

El digestato, como su producto de la biodigestión, es resultado del aprovechamiento de fertirriego y como compost, asegurando el aprovechamiento de los residuos. Esa planta realizó una inversión de 4,5 millones de dólares, mejorando la calidad de la vida de las comunidades locales, ya que por medio de ella se reducen los olores y las plagas en zonas cercanas, y muestra como por medio de la biomasa se puede tener una alternativa sostenible en la agricultura colombiana. (Pérez et al., 2023)

La biomasa se presenta como una alternativa energética para sectores como la agroindustria, ganadería, avicultura, silvicultura y petróleo. La energía de biomasa representa una solución innovadora frente a residuos orgánicos. Compañías como Ecopetrol y la incubadora Santander han puesto en evidencia que esta fuente permite reducir impactos ambientales mientras que optimizan procesos productivos.

Ecopetrol emplea para avanzar sus objetivos de sostenibilidad, reforzando su matriz energética como fuentes limpias y contribuyendo a la producción de hidrógeno verde. Por su parte, la incubadora Santander ha implementado una planta de biomasa que le permite reducir sus costos energéticos, vender energía sobrante y reutilizar residuos como abono, generando

beneficios tanto económicos como ambientales. Estas iniciativas demuestran que es posible transformar los desechos en activos rentables para las empresas.

Integrar la biomasa como fuente energía renovable permite que las empresas tengan beneficios clave: optimización de costos, cumplimiento regulatorio ambiental, mayor eficiencia energética, incentivos fiscales y una imagen empresarial sostenible. Al incorporar estas tecnologías, las compañías disminuyen el uso de combustibles fósiles y fomentan prácticas de economía circular. En un escenario empresarial cada vez más orientado hacia la sostenibilidad, esta alternativa representa una oportunidad de innovar, especialmente para empresas rurales o con alta generación de residuos.

La biomasa, derivada de desechos de origen agrícola, forestal, pecuario y urbano, se consolida como una fuente renovable que aprovecha la abundancia de recursos disponibles en Colombia. Su transformación mediante tecnologías termoquímicas o biológicas permite producir energía eléctrica, y calor biocombustibles, generando un aporte fundamental a la diversificación energética. Investigaciones recientes indican que el uso de biomasa residual en el país podría aportar cerca de 2.111 MW de electricidad, lo que evidencia la oportunidad de reducir la dependencia de fuentes convencionales y de aprovechar materiales agroindustriales como el bagazo de caña. (Pérez et al. 2023)

8.5.5. Impactos ambientales positivos.

La biomasa es reconocida como una fuente energética de menor impacto en comparación con los combustibles fósiles, ya que el CO₂ emitido durante su combustión equivale al carbono previamente capturado por las plantas de la fotosíntesis, lo que ayuda a mantener un ciclo de carbono equilibrado. (Gil H. , 2024)

Su implementación también fomenta la reducción de desechos orgánicos, aprovechar sus productos agrícolas y pecuarios y reducir la presión sobre los rellenos sanitarios. Proyectos como los desarrollados por Ecopetrol en Casanare y la Incubadora Santander en Cauca ilustran cómo esta alternativa impulsa la economía circular, convirtiendo desechos, energía y dinamizando el empleo local. (Ecopetrol, 2023; Pérez et al. 2023)

El desarrollo de la bioenergía puede generar efectos adversos cuando no se caracteriza la trazabilidad del origen de los residuos utilizados. La falta de controles puede alentar la tala de bosques o la conversión de suelos, generando procesos de deforestación. (Red Iberoamericana de Biomasa y Bioenergía Rural, 2021). De igual forma, la combustión en instalaciones con baja eficiencia técnica genera emisiones contaminantes, entre ellas material particulado (PM) y óxidos de nitrógeno, que deterioran la calidad del aire. Otro aspecto crítico es el requerimiento de amplios espacios para almacenamiento y un transporte intensivo de la biomasa, que puede llevar a incrementar de manera significativa la huella de carbono.

8.5.6. Viabilidad en PYMES

En el caso de las PYMES, la biomasa ofrece un escenario prometedor, sobre todo en los sectores como agroindustria, ganadería y actividad forestal. El aprovechamiento de residuos como el estiércol, restos agrícolas y gallinaza contribuye a reducir la factura energética y fortalecer la competitividad. Los biodigestores y microplantas surgen como una alternativa práctica para áreas rurales que no cuentan con conexión al sistema eléctrico nacional, ya que permiten la autogeneración de electricidad y el aprovechamiento de sus productos como fertilizantes orgánicos. Pese a ello, aún existen obstáculos regulatorios y financieros, pues la ley 1715 del 2014 junto con la normativa vigente limitan la venta de excedentes eléctricos si no se asegura un

flujo constante de energía, lo que restringe la participación de pequeños productores. (Revista Semana, 2017)

8.6 La energía geotérmica.

Es una fuente renovable que transforma el calor para generar electricidad y climatizar edificios de manera sostenible. Para la extracción de esta energía, es necesario perforar el suelo hasta a se debe perforar el suelo hasta alcanzar áreas de calor, donde se insertan sondas geotérmicas que transfieren el calor hacia la superficie. Después, el calor puede utilizarse directamente en sistemas de calefacción o aprovecharse en plantas geotérmicas para producir electricidad. (Endesa, 2021)

A continuación, se presentan las principales características de la energía geotérmica según Sposob (2024)

- Se genera a partir del calor almacenado en el interior de la tierra, asegurando una disponibilidad continua y sostenible.
- Su uso genera bajas emisiones de gases contaminantes y no genera altos volúmenes de desechos contaminantes.
- Solo puede aprovecharse en regiones con alta actividad tectónica o volcánica, lo que restringe su uso a zonas con actividad sísmica y volcánica considerable.
- Se obtiene accediendo a reservorios subterráneos de alta temperatura a través de pozos diseñados para capturar su calor.
- Se puede utilizar para la generación de electricidad, sistemas de calefacción y refrigeración, procesos industriales y desalinización de agua.

- Al no depender de combustibles fósiles, sus costos operativos son bajos y permiten un ahorro significativo de tiempo.

8.6.1. Panorama en Colombia.

Según el Servicio Geológico Colombiano (SGC), reporta un potencial preliminar para la generación eléctrica geotérmica de aproximadamente 1170 MW, identificado en 25 zonas correspondientes a cinco bloques volcánicos, entre los que se incluyen Azufral y Cerro Bravo-Cerro Machín. (López Palacio & Ortiz Gonzáles, 2025)

Aunque no se dispone de cifras específicas sobre los costos en Colombia, informes internacionales señalan que la construcción de plantas geotérmicas puede oscilar entre USD 2 y 5 millones por MW instalado, con un periodo de recuperación que oscila en plazos de 8 a 12 años. El Banco Interamericano de Desarrollo BID, resalta que ese recurso puede tener usos productivos en el turismo termal, la calefacción en procesos agrícolas y la acuicultura, lo que evidencia un potencial significativo para sectores como la agroindustria y el turismo de bienestar en regiones de montaña. (Marzolf, 2014)

Por otro lado, Colombia se caracteriza por una localización en el Cinturón de Fuego de Pacífico, una región con actividad volcánica y sísmica, donde se pueden generar condiciones de calor en el subsuelo. Convirtiéndose en un lugar adecuado para la obtención de agua caliente y vapor a altas temperaturas, lo que es crucial para generar energía geotérmica. El país dispone de numerosos sistemas geotérmicos, en su mayoría relacionados con volcanes. Se han localizado más de diez zonas con potencial, como el Nevado del Ruiz, Puracé y Azufral, entre otros. (Rodríguez et al., 2019)

8.6.2 Ventajas de la energía geotérmica

De acuerdo con la información publicada por Sostenible Sustentable (2023), este tipo de energía ofrece las siguientes ventajas:

- Reduce la emisión de gases de efecto invernadero, generando menos residuos contaminantes y su huella ecológica es mínima.
- A diferencia de otro tipo de energía renovable, no ocasiona ruido.
- Es aprovechable en todo el planeta y es limitado, aunque su extracción no es posible en todas las áreas geográficas.
- Si bien la inversión inicial es elevada, los costos de mantenimiento son mínimos, lo que conlleva un ahorro a largo plazo.

8.6.3 Desventajas de la energía geotérmica

De forma alternativa, se puede mencionar las desventajas:

- No es posible transportar la energía geotérmica, lo que restringe su uso en diversas zonas.
- La creación de grandes plantas de geotérmicas puede afectar visualmente el entorno natural.
- En ocasiones la extracción de rocas durante su explotación puede inducir a temblores en ciertos casos.
- La utilización de agua sulfúrica puede probar un olor poco agradable y existe un posible riesgo de contaminación en aguas cercanas, aunque sus emisiones son menores que las de combustibles fósiles.

Las actividades de perforación y estimulación en los proyectos geotérmicos pueden generar actividad sísmica inducida, particularmente los sistemas de baja entalpía conocidos como

Sistemas Geotérmicos Mejorados (EGS). Durante el proceso, la inyección de fluidos destinada a incrementar la permeabilidad de las formaciones rocosas modifica de manera significativa la presión de los poros en el subsuelo. Este cambio en el equilibrio geológico puede generar temblores de baja magnitud. Aunque la mayoría no superan niveles perceptibles para la población, la acumulación de eventos o gestión deficiente puede derivarse en afectaciones locales. Por tal motivo, se recomiendan planes de monitoreo sísmico, protocolos de respuesta rápido y planificación cuidadosa, de modo que el aprovechamiento geotérmico se mantenga dentro de los márgenes seguros. (Shan et al. 2025)

En general, el impacto ambiental de la energía geotérmica es una opción sustentable, ya que reduce la emisión de contaminantes, al no depender de procesos de combustión, minimizando residuos y emisiones nocivas durante su operación, para así mitigar el cambio climático. Aunque, debido a la instalación de la infraestructura, requiere una profundidad de la perforación, lo que puede provocar ruidos y causar ciertas alteraciones temporales. No obstante, estos efectos son durante el periodo de construcción y desaparecen cuando la planta empieza a funcionar. De esta manera, si se utilizan los estudios adecuados para su instalación, se evitarán desafíos geológicos. (Sostenible Sustentable, 2023)

Colombia ha desarrollado tres proyectos piloto de energía geotérmica en Casanare y Meta.

Estos exploran el potencial de la energía calor subterráneo para producir energía de forma limpia, reduciendo las emisiones y ocupando poco espacio. Sin embargo, ese tipo de energía es relativamente nueva en el país, posee un gran potencial geotérmico debido a su cinturón de fuego del Pacífico, una zona con alta actividad geológica. (Mouthón, 2021)

Por consiguiente, uno de los planes piloto es liderado por Parex Resourcer, en colaboración con la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín) ha contado con una

inversión que supera los 4700 millones de pesos. Este tipo de plan tiene la capacidad instalada de 100 kW, lo cual permitirá sustituir el 5% de energía antes generada por combustibles fósiles, dado que producirá 72,000 kWh al mes, cantidad suficiente para abastecer a 480 familias. Al mismo tiempo Parex Resources está trabajando en otro plan piloto en el campo La Rumba, también en Casanare, donde este proyecto es de baja entalpía, es decir, se trata de energía obtenida de fuentes térmicas con temperaturas muy bajas, tiene la capacidad de 0,035 MW, con una producción diaria de 672 kWh equivalente al consumo de 117 hogares. (Mouthón, 2021)

El tercer proyecto geotérmico está liderado por Ecopetrol en el campo Chimchimene, en Acacias, Meta, que emplean tecnología de baja entalpía con una capacidad instalada de 2 MW. Esa iniciativa podría generar unos 38.400 kWh diariamente, suficiente para cubrir el consumo energético de 6.659 hogares. (Mouthón, 2021)

El ministro de Minas y Energía de ese entonces destacó como estos proyectos reflejan el avance en la política de transición energética de Colombia, la cual se aprovecha las condiciones geográficas y fomenta la recuperación de economía sostenible. Igualmente, el servicio Geológico Colombiano, el país cuenta con recursos geotérmicos estimados en 138,60 Exajulios (EJ) y una capacidad de generar energía eléctrica de 1.170 MW. Finalmente, todos estos proyectos piloto representan el comienzo de reducir los combustibles fósiles, garantizando una fuente de energía segura y duradera. (Mouthón, 2021)

El Servicio Geológico Colombiano (SGC) ha identificado un potencial preliminar de aproximadamente 1.170 MW concentrado en cinco áreas volcánicas principales. El costo de implementar estas plantas se sitúa entre 2 y 5 millones de dólares por MW, con periodos de recuperación de la inversión estimados entre 8 y 12 años, apoyada en los bajos requerimientos de operación y mantenimiento que caracterizan a la energía geotérmica. (Marzolf, 2014)

8.6.4. Impacto ambiental.

La energía geotérmica genera un impacto ambiental reducido, ya que utiliza recursos cercanos a la superficie, generalmente dentro de los primeros 100 metros de subsuelo. En sistemas de circuito cerrado, la alteración térmica del suelo y del agua subterránea es mínima. En cambio, en sistemas de circuito abierto, la influencia térmica es incluso menor en áreas donde el flujo de agua subterránea es elevado. (Ruiz, 2023)

Aunque la energía geotérmica presenta múltiples beneficios, su desarrollo conlleva ciertos impactos ambientales, como la modificación del suelo por actividades de explotación y construcción, la contaminación sonora y visual, la liberación de gases y vertidos de agua, así como la producción de olores molestos. En situaciones poco comunes, puede provocar hundimiento de terreno. No obstante, el uso de tecnologías especializadas contribuye a minimizar estos efectos y reducir su impacto en el entorno natural. (Ruiz, 2023)

La energía geotérmica utiliza el calor proveniente del interior de la tierra para generar electricidad, la climatización de edificaciones y el abastecimiento de procesos industriales. Según el Servicio Geológico Colombiano, el país cuenta con un potencial de 1.170 MW, concentrado en cinco zonas volcánicas que incluye Azufral y el complejo Cerro Bravo-Cerro Machín. Estas condiciones muestran la oportunidad de ampliar la matriz energética nacional aprovechando la posición estratégica del país dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico. (Ortiz et al., 2025; Rodríguez et al., 2019)

La energía geotérmica constituye una fuente renovable permanente, al no depender de factores externos variables como la luz solar o el viento. Sus emisiones de gases de efecto invernadero son mínimas y durante su operación no generan cantidades significativas de desechos contaminantes (Sposob, 2024; Sostenible Sustentable, 2023). A eso se le suma que sus

costos de operación y mantenimiento son relativamente bajos, lo que la convierte en una alternativa eficiente y confiable una vez superada la inversión inicial. Además, esta energía puede impulsarse sectores como la agroindustria, el turismo termal y la producción manufacturera, donde contribuye a generar energía estable y a potenciar la competitividad. (Marzolf, 2014)

8.6.5. Impactos ambientales negativos.

Aunque es una fuente de energía limpia, la geotermia también genera riesgos ambientales derivados de la perforación profunda y del uso de fluidos en el subsuelo. Entre los efectos más frecuentes se encuentran la alteración de terreno, la generación de ruido y los cambios en el paisaje durante la fase constructiva, la emisión de olores desagradables por aguas compuestos sulfurosos y la posibilidad de hundimientos localizados. (Ruiz, 2023). En los sistemas geotérmicos mejorados de baja entalpía, la inyección de fluidos para mejorar la permeabilidad puede inducir movimientos sísmicos de baja magnitud que, si no son controlados de manera adecuada, elevan la exposición de comunidades cercanas. (Shan et al., 2025)

Por ello, resulta indispensable realizar estudios geológicos exhaustivos y establecer sistemas de monitoreo sísmico que garanticen la seguridad de la operación.

8.6.6. Viabilidad en las PYMES.

El acceso directo de las PYMES a la geotermia en Colombia todavía es restringido, debido a que esta tecnología requiere de una inversión inicial elevada con costos de 2 a 5 millones de dólares por MW y los plazos de recuperación están entre 8 a 12 años. (Marzolf, 2014). No obstante, se identifican oportunidades concretas en sectores específicos:

- Turismo termal y de bienestar: hoteles, spa y complejo recreativo localizados en áreas volcánicas pueden emplear sistemas geotérmicos para calefacción, suministro de agua caliente y atracción turística.
- Agroindustria: La generación de calor de invernaderos o en actividades de acuicultura pueden ser una aplicación rentable para PYMES agrícolas en zonas altas.
- Microproyectos piloto: Proyectos desarrollados en Casanare, Meta y otras regiones, el liderazgo de Ecopetrol y Universidades, demuestran la factibilidad de microplantas que pueden beneficiar tanto a comunidades como a pequeñas empresas. (Mouthón, 2021)

En el ámbito empresarial, la energía geotérmica representa una opción favorable en el ámbito económico y sostenible, puesto que por efecto de su bajo mantenimiento se reducen costos a largo plazo en las empresas, a pesar de que la inversión inicial puede ser elevada. En los sectores de mayor consumo energético, como la industria manufacturera, la agroindustria, centros turísticos y comerciales, principalmente aquellos ubicados en zonas volcánicas, podrían obtener grandes beneficios fomentando este tipo de energía. Esto logrará aprovechar de manera eficiente los recursos naturales del entorno, reduciendo el consumo de combustibles fósiles, promoviendo una mayor fiabilidad en el suministro de energía, y consolidando su compromiso con el ambiente, asegurando una fuente de energía más estable.

En este sentido, la geotermia representa una de las fuentes más estratégicas para avanzar en la transición energética en Colombia, al combinar ventajas como la reducción de emisiones contaminantes, bajo costos de operación y un suministro continuo. Sin embargo, sus altas exigencias técnicas y económicas, sumadas a los impactos ambientales potenciales de la perforación y la sismicidad inducida, dificultan su adopción directa por parte de las PYMES. En su lugar, estas empresas pueden aprovechar mejor las oportunidades derivadas de proyectos

locales en turismo, agricultura o en asociaciones con entidades públicas y privadas que promuevan plantas a pequeña escala. Para lograrlo, será indispensable impulsar políticas de apoyo, innovación tecnológica y esquemas de financiamiento que reduzcan las barreras de entrada y conviertan a la geotermia en un recurso incluyente y sostenible a largo plazo.

8.7 La energía mareomotriz.

Es un tipo de energía renovable que se obtiene utilizando un flujo de las mareas para generar electricidad. Para su generación, se instalan turbinas en estructuras como estanques de marea y bahías, en lugares donde el desnivel entre la marea alta y baja supera los cinco metros. El movimiento del agua acciona las turbinas, las cuales producen electricidad que luego se transporta a través de centrales situadas en tierra firme. (BBVA, Sostenibilidad , 2023)

A pesar de que la energía mareomotriz aún no se ha desarrollado en Colombia, investigadores de la Universidad del Valle han identificado su fiabilidad y han comenzado a diseñar estrategias para su desarrollo en la costa pacífica. Países como Reino Unido, Australia y Corea del Sur ya han incorporado esta fuente de energía renovable, y se espera que en Colombia pueda hacerlo en el futuro a partir de sus estrategias geográficas favorables. (Oficina de Comunicaciones - Facultad de Ingeniería Univalle, 2022)

La investigación dirigida por el profesor (Rueda & Quintero, 2021) resalta la factibilidad de instalar microturbinas mareomotrices en lugares estratégicos para optimizar la producción de energía. Se ha determinado que en Buenaventura es una de las áreas con mayor potencial, presentando mareas de hasta 4 m de altura y velocidades de corriente de hasta 1,5 m/s. Los dos métodos principales para aprovechar la energía mareomotriz son:

Discos de marea que almacenan agua y la conducen a través de turbinas para generar electricidad.

Turbinas submarinas que funcionan de manera similar a las turbinas eólicas, pero bajo el agua.

Este estudio incluyó el estudio de datos a nivel nacional e internacional, simulaciones con el modelo Delf3D y cálculos del potencial energético en distintos puntos de zonas del Pacífico Colombiano (Rueda & Quintero, 2021).

La instalación de tecnologías mareomotrices en zonas como estuarios y canales puede generar cambios relevantes en la dinámica de corrientes marinas y en los procesos de sedimentación, lo que repercute directamente en los ecosistemas bentónicos que habitan en el fondo Marino. Adicionalmente, estas instalaciones pueden interrumpir rutas migratorias utilizadas por diversas especies de peces, afectando la conectividad ecológica y reduciendo su capacidad de reproducirse o acceder a fuentes de alimento. Otro aspecto crítico es la posible transformación de hábitats como las marismas costeras, que cumplen funciones ecológicas esenciales como la protección contra inundaciones, la absorción de nutrientes y el sustento de numerosas especies de flora y fauna. Por estas razones, resulta esencial acompañar estos proyectos con evaluaciones ambientales rigurosas y medidas de mitigación específicas. (Neill et al.2021)

La energía mareomotriz aún no se ha desarrollado, ya que requiere evaluaciones técnicas sobre los rangos de marea y la dinámica de las corrientes. Estudios realizados por la Universidad del valle identifican un potencial relevante en la región Pacífico, con oportunidades de aplicación orientadas a mejorar el acceso energético en zonas rurales y comunidades que no disponen de interconexión eléctrica. (Rueda & Quintero, 2021)

La introducción de esa tecnología en el Pacífico colombiano podría mejorar significativamente la calidad de vida de las comunidades, donde aproximadamente el 20% de los hogares carece de conexión de red eléctrica y depende de combustibles fósiles, los cuales son costosos y altamente contaminantes. La energía mareomotriz no solo facilitará el acceso a la electricidad, sino también provee el desarrollo social y económico en regiones como Buenaventura, donde el 82% de la población vive en pobreza extrema. (Oficina de Comunicaciones - Facultad de Ingeniería Univalle, 2022)

Además, esta fuente renovable podría ser clave en la generación de hidrógeno verde, ofreciendo una opción energética más limpia y sostenible que sustituya a los combustibles fósiles, en concordancia con el objetivo de desarrollo sostenible de la ONU, que busca garantizar el acceso a energía asequible y no contaminante. (Oficina de Comunicaciones - Facultad de Ingeniería Univalle, 2022)

A pesar de que la energía mareomotriz aún no ha sido implementada en Colombia, investigaciones de la universidad del valle sugieren que este recurso podría ser clave en la diversificación de la matriz energética. Su capacidad para generar electricidad de forma sostenible, estable, limpia y eficiente, incluso frente a condiciones climáticas desfavorables, la posiciona como una alternativa viable para el desarrollo energético del país.

La energía mareomotriz se basa en el aprovechamiento del movimiento de las mareas para accionar turbinas capaces de producir energía eléctrica. Aunque en Colombia esta fuente aún no ha sido desarrollada, investigaciones de la Universidad del Valle confirman su factibilidad en la Costa Pacífica. Buenaventura posee un gran potencial, donde se registran mareas de hasta 4 metros de altura y corrientes de 1.5 m/s, lo que la posiciona como un punto estratégico para

implementar proyectos de generación renovable (Oficina de Comunicaciones, Facultad de Ingeniería Univalle, 2022; Rueda & Quintero, 2021)

8.7.1. Impactos ambientales positivos.

La generación de electricidad a partir de las mareas constituye una fuente renovable con gran estabilidad, dado que el movimiento de las mareas sigue ciclos regulares que permiten garantizar un suministro constante, incluso frente a la variabilidad climática. Al no requerir combustibles fósiles, esta tecnología contribuye a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y avanzar en el cumplimiento de objetivos del desarrollo sostenible sobre energía limpia y acción climática (BBVA, Sostenibilidad , 2023). Al mismo tiempo, esta tecnología puede servir como base para impulsar proyectos de hidrógeno verde, considerado un recurso clave para fortalecer la transición energética del país. (Oficina de Comunicaciones - Facultad de Ingeniería Univalle, 2022)

Aunque la energía mareomotriz ofrece ventajas importantes, no está exenta efectos negativos sobre el medio ambiente. Las alteraciones en corrientes oceánicas y en los procesos de sedimentación afectan directamente a los ecosistemas bentónicos, a las mismas costeras y a las rutas migratorias de peces (Neill et al. 2021). Estos impactos pueden limitar la conectividad entre ecosistemas y poner en riesgo la biodiversidad marina. De igual manera, la construcción de infraestructuras submarinas conlleva transformaciones en los paisajes y hábitats costeros, lo que hace necesario aplicar estudios ambientales detallados y estrategias de mitigación adecuadas.

8.7.2. Viabilidad para las PYMES.

Para las PYMES colombianas, la energía mareomotriz aún no es una alternativa de adopción directa debido a sus elevados costos de inversión, la necesidad de infraestructura especializada y su carácter experimental en el país. Sin embargo, se abren oportunidades

indirectas para este tipo de empresas, como la posibilidad de integrarse en la construcción, el mantenimiento y la provisión de servicios logísticos asociados a los proyectos, así como el beneficio que podrían obtener comunidades costeras del Pacífico mediante microturbinas que le garanticen acceso a energía renovable y reduzcan su dependencia en el diésel. De manera similar, sectores como el turismo, la pesca y la acuicultura se verían favorecidos con el suministro eléctrico más estable y sostenible, lo que aumentaría su competitividad. (Rueda & Quintero, 2021)

La energía mareomotriz se perfila como una opción prometedora para ampliar y diversificar la matriz energética de Colombia, con un potencial relevante en la región pacífica gracias a sus condiciones geográficas. Su carácter predecible, sostenible y con potencial de impacto social la convierte en una puesta estratégica a largo plazo. Aun así, requiere superar barreras importantes de orden técnico, financiero y ambiental. Para las PYMES, las oportunidades se concentran en participar de manera indirecta en proyectos piloto y en cadenas de valor locales vinculados al sector. Por ello, resulta indispensable acompañar este proceso con regulaciones claras, incentivos de innovación y políticas públicas que promuevan sostenibilidad e inclusión.

A continuación, se presentará un análisis en base a la información obtenida:

Tabla 3

Comparativo de las principales fuentes de energía renovable en Colombia.

Energía	Ventajas	Desventajas	Usos Empresariales	Costos/ Retornos
Solar fotovoltaica	Recurso inagotable con alta radiación en Colombia;	Inversión inicial elevada; dependencia de la luz solar y	Autogeneración en industrias, universidades,	Retorno de inversión estimado en 5-8

	reduce la huella de carbono; adaptable a techos industriales y comerciales; apoyada con incentivos tributarios.	condiciones climáticas; retos en reciclaje de paneles al final de vida útil; uso de minerales críticos como cadmio y telurio.	comercios y centros comerciales, puede operar conectada a la red eléctrica, lo que permite compensar o vender los excedentes generados, o de manera independiente con sistemas de almacenamiento en baterías que suministran en ausencia de sol.	años, su inversión inicial elevada que se puede mitigar a beneficios tributarios.
Eólica	Energía renovable y sostenible: baja huella de carbono; tecnología de larga vida útil con bajos costos de operación y mantenimiento: gran potencial en La Guajira.	Impactos sobre aves y murciélagos; ruido y efecto visual; reciclaje complejo de aspas: requiere ubicaciones con vientos estables: inversión inicial considerable y trámites regulatorios extensos.	Parques eólicos en La Guajira; proyectos asociados al hidrógeno verde; encadenamientos con PYMES en servicios logísticos, técnicos y de mantenimiento.	La inversión inicial resulta competitiva frente a térmicas; periodo de retorno de 7-12 años según factor de planta.
Hidráulica	Tecnología madura, eficiente y confiable; aporta más del 60% de la matriz nacional; vida útil superior a 50 años: capacidad de almacenamiento en embalses para regulación de demanda.	Grandes represas alteran ecosistemas y caudales; riesgo de desplazamientos sociales: impactos de sequías e inundaciones: conflictos por uso del agua.	Centrales hidroeléctricas de gran escala y pequeñas centrales hidroeléctricas, microcentrales en entornos locales con menor huella socioambiental.	La inversión inicial oscila entre 1,5 y 3 millones USD/MW; con un periodo de recuperación estimado entre 10–15 años; aporta estabilidad al sistema eléctrico.
Biomasa	Transforma residuos agroindustriales, ganaderos y urbanos en energía; promueve economía circular; reduce gases de efecto invernadero, al balancear el ciclo de carbono: fomenta empleo rural	Riesgo de deforestación y cambio de uso del suelo si no hay trazabilidad; emisiones contaminantes como material particulado y óxidos de nitrógeno en combustión ineficiente; alta demanda de espacio y transporte.	Cogeneración industrial; biodigestores en ganadería y avicultura; microplantas en áreas rurales no interconectadas.	Inversión aproximada de 5,5 M USD/MW, con costos de operación y mantenimiento moderados, y un potencial eléctrico de hasta 2.111 MW.
Geotérmica	Fuente continua y firme; bajas emisiones; costos operativos y de mantenimiento reducidos; aplicaciones múltiples (electricidad,	Alta inversión inicial; viable solo en zonas volcánicas: riesgos de sismicidad inducida en proyectos de baja entalpía: posibles olores sulfurosos y alteración del paisaje	Turismo termal y de bienestar: agroindustria en zonas volcánicas: generación eléctrica local mediante proyectos piloto.	Se requieren entre 2-5 M USD/MW; retorno estimado en 8-12 años; potencial identificado

	calefacción, turismo termal, acuicultura)			alcanza los 1.170 MW .
Mareomotriz	Energía estable y predecible; baja huella de carbono; contribuye a diversificación energética; beneficios sociales en comunidades costeras no interconectadas: posibilidad de hidrógeno verde.	Altos costos de infraestructura y tecnología especializada; impactos en corrientes, sedimentación y rutas migratorias; aun sin implementación en Colombia.	Potencial en la costa Pacífica (Buenaventura); electrificación de comunidades: beneficios en pesca, turismo y acuicultura.	Sin cifras locales consolidadas; proyectos en fase de estudios y pilotos.

Nota. Elaboración propia con base en UPME (2020, 2025); CREG (2012); Marzolf (2014); IFC (2015); Endesa (2021, 2022).

Tabla 4

Comparativo de recursos, ventajas, desventajas, usos empresariales y costos de las principales fuentes de energía renovable en Colombia.

	Energía Fotovoltaica	Eólica	hidráulica	Biomasa	Geotérmica	Mareomotriz
Recurso Disponible	Alta radiación solar 4,5 kWh/m ² /día, superior al promedio global	Vientos fuertes y constantes en La Guajira	66% de la matriz energética; potencial 93 GW	Residuos agroindustriales, ganaderos y urbanos aprovechables.	Zonas volcánicas con 1.170 MW de potencial.	Mareas del Pacífico con altura y fuerza suficientes.
Fortalezas	Reducción de costos, incentivos fiscales y adaptación a diversos espacios.	Tecnología madura renovable, baja huella ambiental y larga vida útil.	Fuente estable y confiable; regula caudales y aporta eficiente.	Favorece económica circular, genera empleo y reduce gases de efecto invernadero.	Energía continua, bajos costos de operación y usos múltiples.	Predecible y estable; beneficios sociales en comunidades costeras.
Debilidades	Inversión inicial alta; residuos tóxicos al final de la vida útil.	Impactos en aves y murciélagos; ruido y demanda de terrenos.	Inundación de áreas, desplazamientos y pérdida de biodiversidad.	Deforestación emisiones (PM, NOx) si no hay trazabilidad.	Costosa; solo vale en zonas volcánicas; riesgo de sismos.	Altos costos; fase experimental; afecta ecosistemas marinos.
Usos Empresariales	Autogeneración industrial y comercial;	Parques en La Guajira; hidrogeno	Grandes represas y pequeñas	Cogeneración, biodigestores y	Turismo termal, agricultura y	Energía para comunidades costeras,

	conexión a red o con baterías.	verde; pozo indirecto a PYMES.	centrales hidroeléctricas, microcentrales locales.	microplantas rurales.	acuicultura en zonas volcánicas.	pesca y turismo.
Costos/ retorno	Retorno de 5-8 años; inversión inicial elevada.	Retorno 7 - 12 años; inversión competitiva frente a térmicas.	Inversión 1,5 – 3 M USD/MW; retorno 10 -15 años.	Inversión 5,5 M USD/MW; operación moderada; potencial 2.111 MW	Inversión 2- 5 M USD /MW; retorno de 8- 12 años.	Costos altos; sin cifras consolidadas en Colombia.
Impacto Ambiental	Reduce CO ₂ aunque requiere minerales críticos y genera residuos.	No emite gases de efecto invernadero, pero afecta aves, murciélagos y genera ruido	No produce gases de efecto invernadero en operación, pero altera ecosistemas y comunidades.	Aprovecha residuos, pero puede generar emisiones contaminantes.	Emisiones bajas, aunque con riesgo sísmico y olores sulfurosos.	Limpia y estable, pero altera ecosistemas marinos y costeros.
Viabilidad en PYMES.	Alta: techos industriales y convenios financieros.	Limitada: participación como proveedores de servicios.	Moderada: micro y pequeñas centrales locales.	Alta: agroindustria, ganadería y residuos rurales.	Baja directa: oportunidades en proyectos piloto.	Muy baja directa: posibles roles indirectos.

Nota. Elaboración propia a partir de síntesis de tres cuadros parafraseados, con base UPME (2020, 2025); CREG (2012); IFC (2015); Marzolf (2014); Pérez et al. (2023); SGC (2025).

8.8. Estudiar la normativa vigente en Colombia que respalda y regula la implementación de energías renovables en el sector empresarial, identificando los marcos legales y políticas públicas que promueven su adopción.

El marco normativo colombiano ha desempeñado un papel fundamental en el impulso empresarial hacia la adopción de energías renovables. A través de leyes y políticas públicas se han establecido lineamientos técnicos, instrumentos regulatorios e incentivos fiscales que favorecen la inversión en tecnologías limpias. La transición energética en el país se ha consolidado principalmente con la Ley 1715 de 2014 y la Ley 2099 de 2021, normativas que fortalecieron los mecanismos de apoyo y ampliaron las oportunidades de financiación para proyectos basados en FNCER, como la solar, eólica, biomasa, geotérmica y mareomotriz.

Con el fin de disminuir la dependencia del país de combustibles fósiles, el Gobierno Nacional ha estructurado estrategias orientadas a diversificar la matriz energética, reducir emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la seguridad energética. Entre estas medidas se encuentran los incentivos tributarios descuentos en el impuesto de renta, exenciones de IVA y aranceles, y la aplicación de depreciación acelerada diseñados para facilitar la incorporación de tecnologías, renovables dentro del sector empresarial.

Este objetivo analiza las principales normativas vigentes en Colombia relacionadas con la implementación de energías renovables y su aporte al desarrollo sostenible. Se revisan los marcos regulatorios y políticas públicas que promueven su adopción, así como su incidencia en la competitividad del sector energético nacional.

8.8.1. Leyes Base: Ley 1715 de 2014 y la ley 2099 del 2021

La ley 1715 del 2014: Tiene como propósito promover la producción y el uso de FNCER. Su finalidad es ampliar la matriz energética nacional, reducir la dependencia de combustibles fósiles, contribuir a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y fortalecer la seguridad energética del país. (Ministerio de Minas y Energía, UPME, 2019)

Para estimular la inversión según el Ministerio de Minas y Energía, UPME (2019) de estas energías renovables, la ley establece ciertos beneficios tributarios, entre los cuales son:

Descuento del impuesto de renta que cubre el 50% de la inversión en proyectos de energía renovable.

- La opción de aplicar una depreciación acelerada del 20% anual de los activos vinculados a estas tecnologías.
- Exoneración de IVA en la compra de equipos y servicios relacionados con energías renovables.
- La eliminación de aranceles en la importación de maquinaria y equipos destinados a la iniciativa de energía renovable.

De acuerdo con el Ministerio de Minas y Energía y la UPME (2019), la supervisión y aprobación de estos proyectos están a cargo de la UPME y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

La ley 2099 del 2021: Actualiza y complementa la Ley 1715, con el objetivo de promover la modernización del sector energético colombiano. Esta norma amplía los incentivos financieros y tributarios para proyectos FNCER, impulsa la inversión en tecnologías emergentes y fortalece la competitividad del país. (Departamento Administrativo de Función Pública, 2021)

Como establece el Departamento Administrativo de Función Pública (2021), se presentan las principales modificaciones en la ley 1715 del 2014:

- La incorporación de lineamientos para el almacenamiento de energía, medición inteligente y estrategias de eficiencia energética.
- El reconocimiento del papel estratégico de los proyectos renovables para fortalecer la seguridad energética y mejorar la competitividad nacional.
- La integración del hidrógeno verde y azul como nuevas fuentes energéticas dentro de las FNCER.

En referencia a lo expuesto por el Departamento Administrativo de Función Pública (2021), en relación con los beneficios tributarios y financieros se permite:

- La posibilidad de deducir el 50% de impuesto de renta por inversiones energías renovables aplicable por un periodo hasta 15 años.
- Los equipos y proyectos destinados a energías renovables quedan exentos del IVA.
- Eliminación de aranceles aplicables a la importación de maquinaria, y equipos destinados a la generación de energía renovable.
- Se establece la posibilidad de depreciar de manera acelerada, para equipos relacionados con la producción de energías limpias.

Diversos factores han contribuido al crecimiento del sector energético y nuevas normativas, según el Departamento Administrativo de Función Pública (2021):

- El fortalecimiento del Fondo de Energías No Convencionales, destinado a financiar proyectos de energías renovables, medición inteligente y programas de eficiencia energética.

- La creación del Fondo Único de Soluciones Energéticas (FONENERGÍA), que reemplaza mecanismos anteriores con el fin de mejorar la calidad y cobertura del servicio energético, especialmente en las Zonas No Interconectadas (ZNI).
- La implementación de un registro oficial para proyectos geotérmicos, acompañado de sanciones para quienes incumplan la normativa sectorial.
- La promoción del hidrógeno verde y azul mediante incentivos tributarios y líneas de financiamiento administradas por FENOGE.
- Se crean estímulos para proyectos que reduzca la emisión de CO₂ mediante incentivos a tecnologías de captura y almacenamiento de carbono.

Como lo señala el Departamento Administrativo de Función Pública (2021), las siguientes medidas buscan fortalecer la economía de la innovación en el sector energético.

- Se incentiva la producción de energía en instalaciones gubernamentales, progresando escuelas y hospitales.
- Se otorgan incentivos a la movilidad eléctrica y la renovación del parque automotor con vehículos de bajas emisiones.
- Se refuerzan los programas de forma técnica y profesional en energías renovables y eficiencia energética mediante el SENA y otras entidades educativas.
- Las compañías que basan su operación en energía renovable podrán obtener el sello de la producción limpia.

En conjunto, este marco regulatorio ha favorecido la inversión en tecnologías renovables mediante decretos que reglamentan beneficios tributarios y procedimientos administrativos.

Entre estos instrumentos se encuentran el Decreto 2143 de 2015 y el Decreto 829 de 2020, los cuales complementan la Ley 1715 de 2014. Estas normas contemplan deducciones en el

impuesto de renta, exenciones de IVA y aranceles, además de mecanismos de depreciación acelerada. Tales medidas no solo buscan aliviar la carga fiscal para quienes invierten en energías renovables, sino también simplificar los trámites requeridos para acceder a estos beneficios.

(Departamento Administrativo de Función Pública, 2015)

8.8.2. Decretos Reglamentarios: 2143 de 2015 y 829 del 2020

El Decreto 2143 de 2015: reglamenta los incentivos tributarios establecidos en la Ley 1715 de 2014 con el fin de promover la adopción de FNCE en el país. Este decreto complementa las disposiciones del Decreto Único Reglamentario del Sector de Minas y Energía (Decreto 1073 de 2015) y detalla los lineamientos y requisitos necesarios para acceder a dichos incentivos.

(Departamento Administrativo de Función Pública, 2015)

Conceptos fundamentales de acuerdo con el Departamento Administrativo de Función Pública (2015), los siguientes son conceptos clave relacionados con FNCE, ya sea de su propio uso o para su venta.

- Generadores de energía renovable: personas naturales o jurídicas que generan electricidad utilizando FNCE, ya sea de su propio uso o para su venta.
- Recursos económicos invertidos en financiamiento de proyectos basados en FNCE.
- Comprende todas las actividades necesarias con la producción de energía renovable, desde la fase de investigación hasta su operación efectiva.

Estímulos económicos y tributarios, de acuerdo con el Departamento Administrativo de Función Pública (2015), los proyectos de energías renovables pueden acceder a diversos beneficios, entre ellos:

- Las inversiones en proyectos de FNCE pueden deducir hasta el 50% del capital dentro de un plazo de cinco años.
- Aplica iniciativas enfocadas en investigación, desarrollo tecnológico y eficiencia energética.
- Para obtener este beneficio, se requiere la certificación de Beneficio Ambiental emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Exoneración del IVA, como establece el Departamento Administrativo de Función Pública (2015)

- Los proyectos de FNCE podrán comprar maquinaria y contratar servicios, y estarán exentos del pago de IVA.
- La UPME es la entidad encargada de validar, certificar que bienes y servicios.

Exoneración de aranceles, conforme a lo indicado por el Departamento Administrativo de Función Pública (2015)

- Los bienes y equipos importados para iniciativas de energía renovables no estarán sujetos al pago de aranceles.
- Para aplicar a esta exención, requiere la aprobación y certificación de la Unidad de Planeación Minero Energético (UPME) y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

De acuerdo con el Departamento Administrativo de Función Pública (2015), las inversiones destinadas a la adquisición de activos generar energía renovable pueden acceder al beneficio de depreciación acelerada. Este incentivo permite que:

- La maquinaria, los equipos y las infraestructuras destinados a la generación de energía renovable, pueden depreciarse fiscalmente hasta un 20 % por un año.
- Beneficios aplicables a inversiones realizadas tras la promulgación de la ley 1715 al 2014.

Tal como lo señala el Departamento Administrativo de Función Pública (2015) establece que los procedimientos y regulaciones para la certificación de incentivos en el sector energético estarán a cargo de:

- La UPME y el ministerio de ambiente serán los encargados de definir los requisitos y procesos para la obtención de certificaciones por parte de estas entidades.
- La UPME contará con un plazo de tres meses para elaborar y publicar el estado de bienes y servicios que estarán exceptos de IVA y podrán acceder a incentivos fiscales.

En lineamiento con las disposiciones del Departamento Administrativo de Función Pública (2015), se han establecido tiempos específicos para la expedición de certificaciones.

- La certificación de beneficio ambiental deberá emitirse en un plazo c hasta 90 días.
- La certificación de exclusión de IVA y exención arancelaria tendrá un tiempo máximo de respuesta de 45 días.

Si se cancela o se anula un contrato relacionado con proyectos de FNCE, el beneficiario deberá reembolsar los incentivos tributarios recibidos, conforme a lo establecido por el Departamento Administrativo de Función Pública (2015)

El decreto 829 del 2020: reglamenta los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014. Además, introduce ajustes al Decreto 1625 de 2016 norma única tributaria y elimina algunas disposiciones del Decreto 1073 de 2015. Su finalidad principal es actualizar y agilizar

los procesos administrativos asociados a proyectos de FNCE y a iniciativas de gestión eficiente de la energía en el país. (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2020)

8.8.3. Principales cambios de regulaciones en el decreto 829 del 2020:

Tal como lo indica el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2020), las empresas y personas que invierten en proyectos de FNCE para optimizar el consumo energético podrán acceder a los siguientes incentivos en el impuesto sobre la renta.

- Las empresas y personas que inviertan en los proyectos de fuentes no convencionales de energía para optimizar el consumo energético tienen la posibilidad deducir hasta un 50% de su inversión de la base gravable en su declaración de renta.
- Esta adopción podrá ser aplicada dentro de un período máximo de 15 años, comenzando desde el año siguiente a la puesta en marcha del proyecto.
- Para obtener este incentivo, es indispensable contar con la certificación expedida por la UPME.
- La adopción no podrá ser superior al 50% de la renta líquida del contribuyente antes de la aplicación de la deducción.

Conforme a lo establecido por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2020), los siguientes bienes y servicios estarán exentos del impuesto (IVA) cuando sean adquiridos o importados para estos:

- No se aplicará el IVA en relación con insumos, equipos, maquinaria y servicios adquiridos o importados para estos proyectos.
- Para hacer este beneficio deberán contar con la certificación correspondiente de la UPME.

De acuerdo con el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2020), los proyectos de FNCE pueden beneficiarse de la exoneración de aranceles bajo las siguientes condiciones:

- No se aplicarán gravámenes arancelarios a la importación de equipos, maquinaria y materiales utilizados para dichos proyectos, siempre que estos no sean de fabricación nacional.
- Para obtener esta exoneración, debe de contar con una certificación de la UPME y gestionar la solicitud correspondiente ante la ventanilla única de comercio exterior (VUCE)

Conforme a lo establecido por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2020), los activos destinados a la producción de energía renovable pueden acogerse a un esquema de depreciación acelerada, el cual permite:

- Los equipos, maquinaria e infraestructura destinados a la producción de energía renovable se deprecien hasta en un 20% anual.
- La empresa pueda modificar la tasa de depreciación, siempre que informe previamente a la DIAN antes de presentar la declaración de renta.

De acuerdo con lo dispuesto por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2020), la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) es la entidad encargada de supervisar y controlar el uso adecuado de los incentivos fiscales. En este sentido, se establecen las siguientes disposiciones:

- Los activos acogidos a incentivos no podrán ser vendidos antes de cumplir su vida útil.
- Si un activo es vendido antes de concluir su proceso depreciación, los incentivos obtenidos deberán ser devueltos y considerados como renta líquida.

- La DIAN supervisará que las adquisiciones a través del leasing financiero incluyan y ejecuten la opción de compra establecida.

Como lo expone el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2020), los interesados en obtener beneficios tributarios en FNCE deberán seguir los siguientes pasos:

- Presentar una solicitud ante la UPME mediante la ventanilla única.
- Se debe realizar el pago correspondiente para la revisión y evaluación del proyecto.
- Una vez analizada la viabilidad, la UPME verificará si cumple con los criterios establecidos y, de ser aprobada, emitirá la certificación pertinente.
- En el caso de los proyectos cuya capacidad supere 1 MW, deben registrarse previamente en la UPME para optar por los beneficios.

Para obtener la certificación de proyectos en FNCE, se deben cumplir los siguientes requisitos establecidos por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público:

- Presentar un requerimiento oficial firmado por el representante legal.
- Información detallada sobre bienes y servicios involucrados en el proyecto.
- Documentación técnica que respalden el desarrollo del proyecto de FNCE.

Con el propósito de consolidar un sistema energético más sostenible, Colombia ha implementado diversas normas que facilitan la adopción de estas tecnologías. La Resolución 134 de 2021, que modifica la Resolución 030 de 2018, introduce mejoras en los procedimientos de autogeneración y generación distribuida, agilizando su conexión al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Asimismo, la Resolución 40791 de 2018 estableció un esquema de contratación a largo plazo para proyectos de generación eléctrica, lo que incentiva la inversión y garantiza un

suministro energético continuo. Este estudio analiza dichas regulaciones y su papel en la transformación del sector energético colombiano.

La ley 1715 del 2014 y su actualización con la ley 2099 del 2021 han establecido incentivos y medidas que favorecen la integración de fuentes en el Sistema Interconectado Nacional (SIN).

8.8.4. Resoluciones técnicas: 030 de 2018, 174 de 2021, 40791 de 2018.

La resolución 030 del 2018: emitida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) el 26 de febrero de dicho año, tenía como finalidad regular la Autogeneración a Pequeña Escala (AGPE) y la Generación Distribuida (GD). Esta normativa definía los lineamientos técnicos y comerciales, así como los procedimientos necesarios para facilitar la integración de pequeños generadores al sistema eléctrico. No obstante, la experiencia evidenció dificultades regulatorias y operativas, lo que llevó a la necesidad de actualizarla. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2021)

Con base en la experiencia adquirida y realizar estudios como el Estudio para el Diseño de Indicadores de Seguimiento y Evaluación de la Integración de la Autogeneración y la Generación Distribuida en el SIN en (2019), de acuerdo con la Comisión de Regulación de Energía y Gas (2021), encontró varios problemas que llevaron a la revisión de la normativa:

- Se identificaron barreras técnicas y procesos burocráticos que complican la incorporación de pequeños generadores al sistema.
- La falta de claridad en requisitos generó constantes dudas, ya que se recibieron múltiples solicitudes para la aclaración sobre aspectos técnicos y comerciales.

- El sistema de medición y compensación energética necesitaba mejoras para las deficiencias en su funcionamiento.

Ante estas situaciones, la Comisión de Regulación de Energía y Gas expidió la Resolución 174 de 2021, la cual derogó y sustituyó la Resolución 030 de 2018. La Resolución 174, publicada el 7 de octubre de 2021, introdujo mejoras sustanciales al marco regulatorio de autogeneración y generación distribuida. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2021)

Sus principales ajustes se destacan:

Tabla 5

Comparativo entre las Resoluciones 030 de 2018 y 174 de 2021 y la comisión de Regulación de Energía y Gas (GREC)

Categoría	Resolución 030 de 2018	Resolución 174 de 2021
Procedimiento de conexión.	Procesos complejos que generaban falta de claridad en los requisitos de conexión	Establece un procedimiento más claro, y un sistema en línea para tramitar conexiones.
Gestión de excedentes.	No detallaba cómo se compensaban los excedentes energéticos.	Este sistema de medición dual registra la energía que el usuario consume y la que devuelve a la red cuando produce su propia electricidad, logrando una compensación justa y clara.
Regulación técnica.	No había lineamientos específicos para la instalación y operación de los generadores.	Se incorporan criterios claros, basados en estudios de consultoría
Incentivos para pequeños generadores.	Exigencias que obstaculizaban su participación.	Se crea una ventanilla única donde se reducen costos y barreras para agilizar los procesos.

Nota. *Elaboración propia (2025), a partir del análisis de la normativa descrita, con base en la información de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (2021), el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2020) y el Departamento Administrativo de la Función Pública (2025)*

Contemplado en artículos 8 y 10, han mejorado el procedimiento de conexión, que supone un proceso clave para la autogeneración y generación distribuida en Colombia. Con la implementación de la plataforma digital, los trámites ahora son más eficientes, reduce los tiempos de gestión y proporciona mayor seguridad a los inversionistas de energía renovables. En comparación con la resolución 030 del 2018, que carecía de presión y generaba incertidumbre, la nueva normativa establece plazos definidos y facilita la corrección de errores sin repetir el trámite. Estas mejoras favorecen el crecimiento de proyectos sostenibles y fomentan el desarrollo de proyectos energéticos. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2021)

La resolución 40791 de 2018: emitida por el Ministerio de Minas y Energía, implementa un mecanismo orientado a promover la contratación de proyectos de generación eléctrica a largo plazo. Este esquema se articula con herramientas existentes del mercado mayorista y tiene como propósito incentivar la construcción de nuevas plantas, diversificar la matriz energética y asegurar la confiabilidad del suministro eléctrico en Colombia. (Ministerio de Minas y Energía, 2018)

La resolución otorga a la UPME, la función de administrar y gestionar el proceso de contratación a largo plazo. Como parte de ese proceso UPME debe publicar los lineamientos y criterios específicos de la subasta energética, estableciendo los requisitos y procedimientos que deben seguir los participantes en el desarrollo de los proyectos de generación eléctrica. (Ministerio de Minas y Energía, 2018)

Además, la resolución asigna a la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) la responsabilidad de definir condiciones de competencia y metodología para los costos eficientes de adquisición de energía en las tarifas de los usuarios regulados. Esto busca garantizar que los precios reflejen un mercado eficiente y sus precios sean justos. (Ministerio de Minas y Energía, 2018)

En general, la resolución 40791 del 2018 establece un modelo de contratación de largo plazo para proyectos de generación eléctrica en Colombia, con el propósito de incentivar la inversión en el sector, diversificar la matriz energética y asegurar el suministro eléctrico estable y sostenible. (Ministerio de Minas y Energía, 2018)

Tabla 6

Resumen de la normativa vigente sobre energías renovables y su impacto en el sector empresarial colombiano.

Norma	Objetivo	Impacto en el sector empresarial.
Ley 1715 del 2014	Promover la generación y aprovechamiento de energía renovables no convencionales con el objetivo de diversificar la matriz energética, reducir el consumo de combustibles fósiles y contribuir a la reducción de emisiones de CO ₂ .	Fomenta la inversión de energía renovable otorgando beneficios tributarios, entre ellos la deducción del 50% en el impuesto sobre la renta, la exoneración del IVA y aranceles en equipos y servicios, así como la posibilidad de aplicar la depreciación acelerada a los activos utilizados en estos proyectos.
Ley 2099 del 2021.	Reforma la legislación actual con el propósito de impulsar la inversión energía renovables, promoviendo la inversión en tecnologías como almacenamiento de energía y la implementación de hidrógeno verde y azul en la matriz energética.	Amplía los incentivos fiscales y económicos para proyectos de energía limpia, establece fondos destinados para financiar iniciativas sostenibles y promueve la transición hacia una economía libre de carbono.
Decreto 2143 del 2015.	Desarrolla la reglamentación de estímulos fiscales otorgados por la ley 1715 del 2014, y define criterios y condiciones necesarios para que	Regula el proceso de certificación de proyectos de energía renovables, permitiendo que las empresas accedan a

	los proyectos puedan cumplir con los incentivos.	deducciones tributarias y beneficios fiscales.
Decreto 829 del 2020.	Agiliza los trámites administrativos y procedimientos fiscales para impulsar el crecimiento de proyectos enfocados en energía renovable y eficiencia energética.	Reduce la complejidad de los procesos para acceder a beneficios tributarios, establecer lineamientos claros para la certificación de proyectos y brinda mayor estabilidad en los inversionistas.
Resolución 030 del 2018.	Establece normativas para la autogeneración a pequeña escala y la generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional (SIN).	Enfrentó dificultades operativas, qué dificultaron la integración de pequeños generadores al sistema energético.
Resolución 174 del 2021.	Fortalecer el marco regulatorio de la autogeneración y generación distribuida, agilizando los procesos de conexión y mejorando las condiciones técnicas.	Establece una ventanilla única para acelerar los trámites, adopta la medición en ambas direcciones para mejorar la gestión de excedentes y disminuye las restricciones para pequeños generadores.
Resolución 40791 del 2018.	Desarrollo mecanismo de contratación sostenible para el desarrollo de proyectos de generación de energía en Colombia.	Promueve la inversión privada en los proyectos de energía renovables mediante subastas energéticas organizadas por UPME, asegurando un entorno estable en el mercado energético.

Nota. *Elaboración propia (2025), a partir del análisis de la normativa descrita, con base en la información de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (2021), el Ministerio de Minas y Energía (2018), el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2020) y el Departamento Administrativo de la Función Pública (2025).*

Para comprender de manera integral la normativa vigente en Colombia, sobre todo en energías renovables, implica estructurarla de manera que se puedan visualizar claramente sus beneficios, su vigencia, los organismos competentes y los requisitos exigidos. Por ello, se presenta a continuación un cuadro que resume las disposiciones legales más significativas.

8.8.5. Planes Nacionales 2020-2050

Por otro lado, en el Plan Estratégico Nacional 2020-2050, se establece una hoja de ruta para el desarrollo sostenible del sector energético en Colombia, garantizando un abastecimiento

eficiente, justo y sostenible. Para ello, se propone una estrategia global que involucra múltiples aspectos esenciales del sector energético. El fortalecimiento de la seguridad energética en Colombia pasa por la diversificación de la matriz energética, buscando ampliar la participación de fuentes renovables no convencionales como la solar y la eólica, con el objetivo disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y reducir las emisiones contaminantes. Al mismo tiempo, se fomenta la electrificación en sectores clave como el transporte y la industria, promoviendo un sistema energético más limpio y eficiente. Para garantizar la confiabilidad del sistema, es necesario fortalecer la infraestructura energética, lo que contribuirá a mejorar la estabilidad eléctrica a largo plazo. (UPME, 2019)

Desde una perspectiva ambiental, la sostenibilidad refleja la adopción de estrategias enfocadas en la reducción de emisiones y fomentar el uso de tecnologías limpias. Para ello, se requieren normativas más estrictas en eficiencia energética e iniciativas que impulsen la reducción de impacto ambiental y el consumo de energía. Además, se promueve la incorporación de estrategias de economía circular en la gestión energética, promoviendo la reutilización y el aprovechamiento eficiente de los recursos. (UPME, 2019)

Uno de los aspectos claves dentro de la planificación energética es garantizar un acceso equitativo y ampliar la cobertura eléctrica en zonas rurales y difícil acceso, para lo cual se plantean iniciativas como la incorporación de sistemas de generación descentralizados y la aplicación de tarifas diferenciadas que faciliten el acceso al servicio. Además, se incentiva la autogeneración con energía renovable, admitiendo que comunidades y pequeños productores desempeñen un papel más activo al mercado energético. (UPME, 2019)

La estrategia eficiente energética incluye estrategias integradas tanto al sector productivo como al sector residencial. Se incentiva la incorporación de tecnologías y prácticas que

contribuyen a reducir el consumo de energía, respaldados por estímulos financieros y regulaciones que favorezcan la inversión en este campo. A su vez, se impulsa el desarrollo de sistemas de control y gestión inteligente del consumo, lo cual ayuda a mejorar el uso de energía a nivel nacional. (UPME, 2019)

El fortalecimiento del sector energético y la cooperación regional son factores claves para el desarrollo del sector. Dónde se busca consolidar acuerdos con países vecinos para interconexión de redes eléctricas, comercio y energía, con el objetivo de mejorar la estabilidad, diversificación del sistema. Para lograrlo, es fundamental establecer un marco normativo que facilite acciones comerciales y estimule la inversión infraestructura energética a nivel internacional. (UPME, 2019)

En el marco de la transformación digital, la innovación depende de la gran medida del sector energético. Se promueve la digitalización de la infraestructura eléctrica mediante la instalación de medidores inteligentes y sistemas de gestión en tiempo real, mejorando así la eficiencia en la distribución y el consumo de energía. También, la descentralización del sistema fomenta la participación de los usuarios en la generación y administración de su propio consumo. (UPME, 2019)

En ese contexto, se propone la creación de instrumentos financieros que faciliten el desarrollo de proyectos energéticos sostenibles, asegurando que las decisiones del sector sean coherentes con los compromisos ambientales y metas del crecimiento económico del país. Estas medidas trazan una ruta clara para la evolución del sistema energético colombiano, promoviendo una transición hacia un modelo más sustentable, adaptable e inclusivo. La combinación de matriz energética diversificada, eficiencia, acceso igualatorio y digitalización ayudará a fortalecer un

sistema energético que responda a desafíos globales y los compromisos internacionales en materia ambiental. (UPME, 2019)

Las iniciativas y estímulos para proyectos empresariales en energías renovables en Colombia están respaldados por la ley 1715 del 2014 y la ley 2099 del 2021. A continuación, se describen los beneficios clave diseñados para promover las FNCE, gestión eficiente de la energía (GEE) y producción de hidrógeno verde azul. (UPME, 2023)

Con el propósito de incentivar la inversión en proyectos FNCE, la Unidad de Planeación Minero Energética (2023) ha establecido diversos beneficios tributarios, entre los cuales se incluye:

- Deducciones del impuesto sobre la renta: Los inversionistas pueden deducir hasta el 50% de su monto invertido en iniciativas renovables durante 15 años, disminuyendo así su carga tributaria.
- Exclusión del IVA: la adquisición de maquinaria, equipos y servicios necesarios para la implementación de proyectos de energía renovable no estarán sujetos al pago del IVA, siempre que estén registrados en la lista oficial publicada por UPME.
- Eliminación de aranceles: La importación de equipos y maquinarias destinadas a proyectos de energía renovables, no se le aplicarán aranceles a la importación, siempre que estén incluidos en la lista aprobada por la UPME.
- Depreciación acelerada: Se permite la depreciación acelerada en los activos utilizados en proyectos de FNCE, GEE hidrógeno verde o azul, lo que permite reducir la carga tributaria.

Para beneficiarse de estos incentivos, los proyectos deben cumplir con ciertos requisitos definidos por la Unidad de Planeación Minero Energética (2023), para luego obtener un certificado por esta entidad. El proceso de solicitud requiere la presentación de los siguientes documentos:

- Formulario de solicitud conforme al incentivo al que desea acceder.
- Especificaciones técnicas y certificaciones que avalen el cumplimiento normativo de los equipos.
- Contratos y documentación relacionados con los servicios asociados al proyecto.
- Comprobante de pago de tarifa para el proceso de certificación.

Para facilitar el acceso a incentivos destinados a la inversión de energía renovables, la UPME ha creado una Ventanilla Única de Trámites y Servicios. Ese sistema facilita la presentación de solicitudes en línea y acelera el proceso de certificación de proyectos. En 2023, la solicitud de incentivos tributarios aumentó considerablemente en un 22% más en proyectos FNCE y un 119% en proyectos de GEE, reflejando un aumento de interés empresarial en la adopción de energías renovables. El objetivo de estos incentivos es fomentar un ambiente propicio para la inversión de energías renovables, contribuyendo a un sistema energético más sostenible y seguro para el país. (UPME, 2023)

El Plan Energético Nacional traza una hoja de ruta para fomentar la adopción de hidrógeno verde como alternativa sostenible. En este informe se resalta un papel fundamental en la transición que el sistema energético, destacando su capacidad para reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia energética en industrias y sistemas de transporte. (La Unidad de Planeación Minero Energética, 2023)

El plan contempla la modernización de las plantas de reformado de gas natural (SMR, por sus siglas en inglés), que actualmente generan hidrógeno gris, mediante la integración de tecnología de captura y almacenamiento de carbono (CCS, por sus siglas en inglés), con el objetivo de generar hidrógeno la meta para el 2030 es alcanzar 50 kilotoneladas de hidrógeno (kton-H₂), mientras que para el 2052 se espera aumentar la producción a 250 kilotoneladas de hidrógeno (kton- H₂), impulsando la expansión de la infraestructura y el uso de la gasificación del carbón con (CCS). (La Unidad de Planeación Minero Energética, 2023)

Para la producción de hidrógeno verde, este plan establece el uso de electrólisis impulsada por energía renovable. Se espera que la capacidad instalada de electrolizadores alcance 500 megavatio (MW) en 2030, y para el 2052 se expanda hasta 4,4 Gigavatio (GW). Esta meta dependerá de una generación solar de hasta 21 Gigavatio (GW), destinada tanto para el abastecimiento interno y exportación de hasta 120 Petajulio (PJ) al año. (La Unidad de Planeación Minero Energética, 2023)

El informe destaca el uso de hidrógeno en el sector de transporte, proyectando su uso en camiones, tractocamiones y volquetas para el 2052, lo que contribuiría a la reducción del uso de combustibles fósiles. También, se plantea su integración y la producción de electricidad y procesos industriales, con un aporte estimado del 5% al 7% en el consumo total de energía. (La Unidad de Planeación Minero Energética, 2023)

El Plan Energético Nacional establece que la expansión de hidrógeno verde y azul tendrá un impacto significativo en la reducción de emisiones y la seguridad energética del país. Sin embargo, para su implementación masiva, se requiere acelerar el desarrollo tecnológico, invertir en infraestructura y establecer incentivos adecuados. (La Unidad de Planeación Minero Energética, 2023)

El gobierno colombiano ha estructurado un conjunto de políticas e incentivos que buscan atraer capital y consolidar la competitividad de esta industria. Entre las medidas adoptadas se encuentran la exención del IVA y aranceles para los equipos de producción, la creación de fondos de financiamiento para proyectos de hidrógeno y el diseño de un marco regulatorio estable para inversionistas. Gracias a estas iniciativas, Colombia se posiciona estratégicamente como un actor clave en la economía global del hidrógeno, promoviendo el crecimiento económico, la innovación y la sostenibilidad ambiental. (UPME, 2023)

Línea de tiempo.

La evolución del marco regulatorio colombiano en materia de energías renovables puede visualizarse a través de una línea de tiempo que resume los hitos más relevantes de la última década:

2014-Ley 1715 de 2014: Se convierte en el punto de partida para la integración formal de las FNCER en la matriz energética del país. Introduce incentivos financieros y tributarios dirigidos a estimular la participación del sector privado.

2015-Decreto 2143 de 2015: Define los procedimientos operativos y los plazos para la certificación de proyectos, bajo la supervisión de entidades como la UPME, la ANLA y la DIAN, estableciendo reglas claras para el acceso a beneficios.

2018-Resolución CREG 030 de 2018: Reglamenta la autogeneración a pequeña escala y la generación distribuida. Ese mismo año, el Ministerio de Minas y Energía expide la Resolución 40791, la cual crea el esquema de contratación a largo plazo mediante subastas energéticas.

2020-Decreto 829 de 2020: Actualiza y amplía los incentivos tributarios previstos en la Ley 1715, extendiéndolos hasta por 15 años. Además, ajusta las disposiciones relacionadas con exclusión de IVA, exoneración de aranceles y depreciación acelerada.

2021-Ley 2099 de 2021: Moderniza y amplía el alcance de la Ley 1715, incorporando nuevas tecnologías, como el hidrógeno verde y azul. En paralelo, la Resolución CREG 174 sustituye la 030, integrando la ventanilla única y mecanismos digitales que agilizan los trámites.

2022-Decreto 895 de 2022 y Resolución UPME 319 de 2022: Ambas disposiciones afinan los procedimientos para la exclusión de IVA, optimizan la verificación documental y reducen los tiempos de respuesta en la certificación de proyectos.

2023-Consejo de Estado: Se declara la nulidad parcial de la Resolución 40791, lo cual genera incertidumbre jurídica en torno a los procesos de subastas de largo plazo.

2024-2025-Reglamentación del FONENERGÍA: Se avanza en la puesta en marcha del Fondo Único de Soluciones Energéticas, orientado a mejorar la cobertura en las ZNI y ampliar el acceso al servicio eléctrico.

8.8.6. Beneficios financieros y líneas de crédito.

En relación con los incentivos financieros, el Bancóldex presenta una línea de crédito especializada en eficiencia energética y energía renovables, con el respaldo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Este programa se dirigió a micro, pequeñas y medianas empresas en Colombia, con el fin de fomentar proyectos de modernización sostenible y reducción de emisiones en el sector productivo. Para ello, se han designado \$11.200.000 millones de pesos, fondos disponibles hasta que los recursos sean utilizados completamente. (Bancóldex, 2023)

Este programa de financiamiento está diseñado para promover el uso eficiente energía y la transición de fuentes renovables, incluyendo motores eléctricos de alta eficiencia, sistemas de refrigeración de menor consumo, iluminación LED, herramientas de medición y control energético, paneles solares, cogeneración y trigeneración, así como vehículos eléctricos vinculados a procesos productivos. Además, ofrece incentivos para la transición de combustibles fósiles a electricidad, la reutilización del calor residual y la mejora en eficiencia de procesos industriales. (Bancóldex, 2023)

Estos créditos pueden ser otorgados a las empresas y sus socios para fortalecer su estructura financiera, siempre que se certifique el uso adecuado de los fondos. También pueden acceder patrimonios autónomos que cumplan con los requisitos establecidos; pueden solicitar financiamiento. Para esta aprobación es necesario presentar la información detallada sobre la inversión, incluyendo especificaciones técnicas y cotizaciones de equipos. (Bancóldex, 2023)

En relación con los plazos, los créditos tienen un plazo de 3 a 5 años, con una opción de periodo de gracia hasta de 6 meses. La amortización del capital se realiza en cuotas mensuales o trimestrales, y los intereses se cancelan en la misma periodicidad. La tasa de interés para intermediarios financieros varía según el plazo: IBR NMV - 0.50% para pagos mensuales y IBR NTV - 0.30% para pagos trimestrales. La tasa aplicada al empresario se acordará con el intermediario financiero. (Bancóldex, 2023)

Para el emplear el acceso a los créditos, se permite el respaldo del Fondo de Garantías Nacional. Además, se han implementado normativas para evitar que una empresa o aquellas con socios en común o tengan más de un crédito dentro de la misma línea. Los intermediarios financieros tienen la responsabilidad de documentar y certificar el cumplimiento de los requisitos de estos. (Bancóldex, 2023)

Cuenta los subsidios y créditos flexibles, Bancóldex, en conjunto con el Fondo de Nacional de Garantías, ofrece financiamiento en condiciones favorables para proyectos sostenibles. Los subsidios pueden destinarse a empresas que desarrollan tecnologías innovadoras o enfoquen su estrategia en energías limpias. Esta línea de crédito busca reducir las barreras de inversión en tecnología eficiente, proporcionando acceso a recursos con tasas competitivas y condiciones de pago accesibles. (Bancóldex, 2023)

A diferencia de otros esquemas de financiamiento, ese crédito busca destacar condiciones flexibles en la negociación de tasas, el respaldo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el uso de garantías para mejorar el acceso de los recursos. Del mismo modo, incluye la posibilidad de participación de patrimonios autónomos dentro del financiamiento. Su enfoque de sostenibilidad y energías limpias refuerza la estrategia de Colombia para alcanzar un desarrollo sostenible, alineándose con sus políticas ambientales. (Bancóldex, 2023)

Los Certificados Internacionales de Energía Renovable (I-REC, por sus siglas en inglés) en Colombia, son utilizados por las empresas para demostrar el equivalente a su consumo de energía que proviene de fuentes renovables. Sus certificados son esenciales para compañías comprometidas en reducir su impacto ambiental y fomentar la sostenibilidad. (Fundación ECSIM, 2023)

La Fundación de Economía Sistémica (ECSIM) establece que el proceso para la certificación de energía renovable en Colombia incluye los siguientes pasos:

Registro de la planta generadora de energía: Las instalaciones que producen energía a través de fuentes renovables deben registrarse a la plataforma (I-REC). Se registró se puede realizar de dos maneras:

- Participante con cuentas de comercialización, la planta gestiona directamente los certificados.
- La planta designará a un tercero autorizado para gestionar certificados en su nombre.

En Colombia, según la Fundación ECSIM (2023), es el organismo autorizado para la emisión de I-REC, facilitando registro y certificación.

Tabla 7

Resumen comparativo de la normativa vigente en Colombia sobre energías renovables y sus mecanismos de aplicación empresarial.

Norma	Beneficio/Contenido clave	Vigencia/ Estado	Entidad responsable	Requisitos esenciales
Ley 1715 de 2014	Introduce las fuentes no convencionales de energía renovable, al sistema y otorga beneficios tributarios (deducción 50% renta, exclusión IVA y aranceles, depreciación acelerada)	Vigente (reglamentada por Decretos 2143/ 2015 y 829/2020)	MME: Ministerio de Minas y Energía; UPME: Unidad de Planeación Minero-Energética; MinAmbiente/ANLA: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / Autoridad Nacional de Licencias Ambientales; DIAN: Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales.	Certificación de proyectos; inclusión en listas UPME; licencias ambientales.
Ley 2099 de 2021	Actualiza la ley 1715 incorporando almacenamiento energético, hidrógeno verde y azul, medición inteligente y fortalecimiento de FENOGE: Fondo de Energía No Convencionales y Gestión Eficiente de Energía. FONENERGÍA: Fondo de apoyo financiero para la energización de Zonas	Vigente	Congreso, MME, UPME, FENOGE	Cumplimiento de criterios técnicos de transición energética.

	Rurales Interconectadas y No Interconectadas.			
Decreto 2143 de 2015	Reglamenta los procedimientos y plazos para certificaciones de incentivos (90 días para beneficio ambiental, 45 días para IVA/aranceles)	Vigente	UPME, Ministerio de ambiente/ANLA, DIAN	Solicitud formal; soportes técnicos; certificaciones de beneficio ambiental.
Decreto 829 de 2020	Se amplía la deducción del 50% hasta 15 años; establece topes; regula exclusión del IVA/aranceles y depreciación acelerada	Vigente	Min Hacienda, DIAN, UPME	Certificación UPME; registro de bienes.
Decreto 895 de 2022	Precisa exclusión de IVA para bienes/servicios incluidos en listas oficiales UPME.	Vigente	Min Hacienda, DIAN, UPME	Inclusión en listas UPME y certificación correspondiente.
CREG 030 de 2018	Reglas iniciales para autogeneración a pequeña escala y generación distribuida	Derogada por CREG: Comisión de Regulación de energía y Gas, 174/2021	CREG/Operadores de Red	Cumplimiento de requisitos técnicos y comerciales.
CREG 174 de 2021	Establece procedimientos simplificados para conexión digital; medición bidireccional; ventanilla única	Vigente	Red, UPME	Tramite en línea; requisitos técnicos; contratos de conexión.
Resolución MME 40791 de 2018	Regula la contratación a largo plazo (subastas de energía)	Vigente con afectaciones (nulidad parcial en 2023)	MME, UPME, CREG	Cumplir requisitos de participación en subastas energéticas.
I-REC (Voluntario)	Certificados de energía renovable para empresas (atributos de consumo sostenible)	Vigente	Fundación ECSIM (emisor autorizado)	Registro de planta; compra y retiro de certificados.
Bancóldex-BID	Líneas de crédito para proyectos de eficiencia energética y FNCER dirigidas a MiPymes	Vigente (ajustada en 2024)	Bancóldex, BID	Proyecto elegible; requisitos financieros; certificaciones técnicas

Nota. *Elaboración propia (2025), con base en la información de la Ley 1715 de 2014, Ley 2099 de 2021, Decretos 2143 de 2015, 829 de 2020 y 895 de 2022, y las Resoluciones 030 de 2018,*

174 de 2021 y 40791 de 2018, así como en informes del Ministerio de Minas y Energía, la Unidad de Planeación Minero-Energética-UPME- (2019, 2023), el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2020), el Departamento Administrativo de la Función Pública (2015), la Comisión de Regulación de Energía y Gas -CREG-(2021), Bancóldex (2023) y la Fundación ECSIM (2023).

Más allá de ser un instrumento de contraste, este cuadro permite hacer una reflexión crítica, ya que revela las falencias, desventajas y restricciones presentes en las disposiciones de cada norma. El estudio muestra que, pese a la existencia de una estructura normativa amplia y robusta, los trámites y exigencias técnicas continúan siendo de difícil acceso para la participación de las PYMES.

8.8.7.Proceso de certificación de energía renovable.

Según el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación por ICONTEC (2021), las empresas que deseen certificar su consumo de energía renovable pueden acceder a distintos mecanismos, tales como:

- **Certificados I-REC:** Las empresas interesadas en certificarse pueden adquirir certificados International Renewable Energy Certificates (I-REC), emitidos por planta registrada.
- **Sello de energía renovable:** Para garantizar la autenticidad de esta certificación, entidades como ICONTEC ofrecen el sello de energía renovable, que valía el compromiso de la empresa con el uso de energía sostenible.

8.8.8.Sistema de certificación y control de energía renovable.

EcoGox es un sistema digital que permite a las empresas registrar, gestionar y certificar su consumo de energía renovable en Colombia. A través de este sistema, las empresas pueden

comprar y validar su certificado, garantizando los procesos confiables y transparentes. (EcoGox, 2023)

8.8.9. Criterios para obtener la certificación de energía renovable.

Según lo dispuesto en la normativa de la Fundación ECSIM (2023), los siguientes son los pasos para obtener la certificación de energía renovable:

- Disponer de una planta de generación basada en fuentes renovables de como energía solar, eólica, hidroeléctrica u otras fuentes renovables.
- Inscribir la planta en la plataforma I-REC mediante un organismo autorizado, como la fundación ECSIM.
- Cumplir con las Normas Internacionales de Calidad y Sostenibilidad en la producción de energía.

Para validar el uso de energía renovable, es imprescindible que las empresas generadoras y consumidoras se inscriban y obtengan certificados correspondientes a través de las entidades reguladoras y plataformas certificadas. Eso garantiza un proceso transparente y eficiente, promoviendo el uso de energías renovables.

Por otra parte, dentro del programa de incentivos, también se encuentran las licitaciones para proyectos de energía renovable en Colombia. Requiere de una serie de exigencias legales, técnicas y condiciones financieras definidas por las entidades correspondientes. A continuación, según Licitaciones Colombia (2023), se presentan los principales aspectos a considerar.

- Las empresas interesadas en contratar con el estado deben inscribirse al Registro Único de Proponentes (RUP), gestionado por las Cámaras de Comercio del país. Este registro

certifica que cumple con los requisitos legales y financieros necesarios para contratar con entidades públicas.

- Documentos para acreditar: Para personas naturales de presentar copia del documento de identidad, cómo la cédula de ciudadanía para los colombianos o el pasaporte/cédula extranjería para extranjeros. Y para personas jurídicas se requiere la documentación que responde la existencia legal y representación de la empresa, según las disposiciones legales de país de origen.
- Capacidad financiera: Las empresas deben presentar estados financieros auditados del año anterior. Esos documentos deben cumplir las condiciones establecidas en la licitación, con el fin de mostrar su capacidad económica para el proyecto.
- Capacidad organizativa y experiencia: Se requiere mostrar experiencia en la ejecución de proyectos similares, lo que puede sustentarse en certificados emitidos por terceros o copias de contratos previos que evidencian la realización de obras o provisiones de bienes y servicios relacionados.
- Garantías: En los procesos licitatorios, se requiere una garantía de una serie de oferta, así como las garantías de cumplimiento y calidad en caso de adjudicación. Los términos específicos sobre el tipo y el valor de estas garantías sean detallados en los pliegos de condiciones de cada proceso.
- Registro de proyectos de generación: Toda iniciativa generación de energía eléctrica debe ser inscrita en la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). este trámite es obligatorio y debe gestionarse a través de la plataforma oficial de la entidad.
- Empresas extranjeras: Las empresas extranjeras que no tienen domicilio en Colombia pueden participar en licitaciones, siempre y cuando demuestren su capacidad legal,

financiera y organizativa, de acuerdo con la normativa de su país de origen. Aunque no están obligados a inscribirse al Registro Único de Proponentes (RUP), deben presentar la documentación requerida directamente ante la entidad contratante.

- Consulta de oportunidades. Para conocer las licitaciones vigentes el sector de energía renovables es recomendable hacer las plataformas especializadas que consolidan y difunden las licitaciones en el país.

8.9. Desafíos actuales y perspectivas.

Las regulaciones vigentes en Colombia han desempeñado un papel esencial en la promoción de energías limpias, principalmente gracias a los incentivos fiscales y financieros creados para estimular la inversión en proyectos sostenibles. A través de leyes como la 1715 de 2014 y la 2099 de 2021, las empresas pueden acceder a deducciones del 50% en el impuesto de renta, a la exoneración del IVA y de aranceles para equipos de generación renovable, así como a la posibilidad de aplicar depreciación acelerada sobre activos tecnológicos. Estos mecanismos han contribuido a disminuir costos operativos, elevar la competitividad empresarial y facilitar el avance hacia una economía con menores emisiones de carbono.

No obstante, el crecimiento del sector enfrenta obstáculos significativos. Entre ellos se destacan la complejidad de los trámites administrativos necesarios para acceder a los beneficios tributarios y las demoras en la obtención de permisos de generación, lo cual retrasa la ejecución de los proyectos. Adicionalmente, las certificaciones emitidas por entidades como la UPME o la ANLA suelen requerir procesos extensos que incrementan la carga operativa. En el caso de las pequeñas empresas, las barreras son mayores debido a las dificultades de acceso al crédito y a la falta de condiciones financieras favorables, lo que limita la adopción de tecnologías renovables.

A ello se suma la necesidad de modernizar la infraestructura eléctrica para asegurar conexiones eficientes entre nuevas fuentes renovables y la red nacional.

Pese a lo anterior, el sector energético colombiano presenta importantes oportunidades de expansión. La Ley 2099 de 2021 amplió el marco normativo e incorporó innovaciones tecnológicas como los sistemas de almacenamiento de energía y el hidrógeno verde, diversificando las alternativas disponibles para la transición energética. Asimismo, la creación del Fondo Único de Soluciones Energéticas (FONENERGÍA) y el fortalecimiento del Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE) han impulsado la oferta de mecanismos de financiamiento para proyectos empresariales. La digitalización de procesos, mediante herramientas como la medición inteligente y la ventanilla única de trámites, también ha contribuido a facilitar la participación del sector productivo.

Un factor clave para el crecimiento del sector energético en Colombia es su proyección en los mercados internacionales, ya que la creciente demanda de hidrógeno verde y el impulso energía renovables hace que el país se posicione como un destino estratégico para la inversión extranjeras y el desarrollo de alianzas comerciales en la región. La adopción de Certificados de Energía Renovable (REC) y la implementación de estándares Internacionales de sostenibilidad reforzarán la posición de las empresas colombianas en el mercado global. Igualmente, la promoción de movilidad eléctrica y el impulso a la eficiencia energética, sectores productivos, representan un área de crecimiento con grandes oportunidades para el sector empresarial.

Finalmente, el marco normativo actual ha impulsado un entorno propicio para la inversión de energía renovable, facilitando beneficios tributarios y generando oportunidades de expansión para las empresas del sector. Sin embargo, persisten dificultades administrativas y financieras que requieren soluciones, como la necesidad de agilizar trámites y garantizar el acceso equitativo al financiamiento. Con el ajuste continuo del marco normativo y el fortalecimiento de incentivos, Colombia tiene el potencial de consolidarse como líder en energía sostenible, promoviendo la competitividad y sostenibilidad empresarial.

Dentro del estudio de la normativa sobre la energía renovable en Colombia, cobra especial relevancia de la serie de trámites que las campañas deben cumplir con el fin de hacer los incentivos fiscales y desarrollar sus iniciativas. Aunque han existido reformas para simplificar estos procesos, aún se mantienen como una carga importante, particularmente para las PYMES.

La primera fase corresponde al diagnóstico y estudio de prefactibilidad, donde se evalúa la idoneidad de la tecnología propuesta (paneles solares, aerogeneradores, biomasa, entre otras) y se identifican posibles efectos ambientales que impliquen trámites de licenciamiento. Posteriormente, los proyectos con capacidad superior a 1 megavatio (MW) deben registrarse ante la UPME, requisito indispensable para acceder a incentivos y asegurar que la capacidad instalada sea considerada la planificación energética del país.

Después de esta fase, aquellos proyectos que mandan licenciamiento ambiental están obligados a gestionar la solución ante la ANLA o ante la entidad ambiental correspondiente, la cual cuenta con hasta 90 días para emitir la certificación que respalda la deducción de renta. Al mismo tiempo, las compañías deben reunir los soportes técnicos y contractuales de la adquisición de equipos y servicios, asegurando que se encuentren dentro de los listados oficiales publicados por la UPME.

Con toda la documentación preparada, las empresas radican ante la UPME la petición de certificación para acceder al sentido fiscales como la exclusión del IVA, la exención arancelaria, la deducción de renta y la depreciación acelerada. La entidad dispone de 10 días hábiles para revisar los requisitos formales y de 20 a 40 días adicionales para la evaluación técnica y normativa. Una vez aprobada, la DIAN materializa los beneficios en las declaraciones de renta e IVA de los solicitantes.

De manera simultánea, cuando el proyecto completa La autogeneración a pequeña escala vulneración distribuida, la empresa de solicitar la conexión al sistema eléctrico ante el operador correspondiente conforme a lo establecido a la resolución CREG 174 de 2021, que introdujo un procedimiento más ágil mediante las plataformas digitales y un sistema de ventanilla única. Una vez en operación, las empresas tienen la posibilidad de tener certificaciones en el programa I-REC, con el fin de demostrar frente a terceros que una parte de su consumo energético corresponde a fuentes limpias.

8.9.1. Etapas principales en el proceso.

- Realizar un diagnóstico y estudio de la prefactibilidad técnica y ambiental.
- Inscripción en el registro UPME para proyectos mayores a 1 MW.
- Licenciamiento ambiental ante la ANLA o autoridad correspondiente.
- Adquisición de equipos y servicios incluidos en listas oficiales de la UPME.
- Presentación de las solicitudes, certificación de incentivos ante la UPME.
- Verificación inicial en los 10 días y evaluación técnica de 20 a 40 días.
- Emisión de la certificación y aplicación de los beneficios en la DIAN.
- Trámite de conexión a la red bajo la resolución CREG 174 2021.
- Pues en marcha del proyecto y con la posibilidad de certificación I-REC.

El flujograma pone en evidencia la complejidad de los trámites, pese a estar sujetos a plazos, suelen retrasarse por fallas de capacidad y coordinación institucional. En este contexto, las pequeñas y medianas empresas enfrentan serias dificultades para aprovechar los incentivos disponibles

Un avance destacado de la normatividad ha sido la expansión de la energía solar fotovoltaica y de los esquemas de generación distribuida. Según (XM Administradores del Mercado Eléctrico, 2025) Colombia registra casi 2 GW de capacidad instalada en esta fuente, un incremento notable desde la implementación de la ley 1715 del 2014 y sus ajustes. Este desarrollo se ha impulsado gracias a los incentivos tributarios como a la simplificación de procesos de conexión y la progresiva reducción de los precios de la tecnología.

También se evidencia un aumento del uso de certificados I-REC, emitidos por la fundación ECSIM, los cuales han facilitado que las empresas en Colombia fortalezcan sus indicadores de sostenibilidad y se ajusten a estándares internacionales. De manera complementaria, las líneas de crédito del Bancóldex, apoyados por el banco interamericano de desarrollo, han facilitado a las PYMES el acceso a financiamiento en términos más favorables.

A pesar de los avances normativos, la aplicación efectiva de la normativa encuentra obstáculos considerables. En la Guajira, los proyectos eólicos adjudicados en 2019 por más de 1 GW permanecen sin materializarse por problemas en la consulta con comunidades indígenas, demoras en la construcción de la línea de transmisión colectora y complicaciones en materia ambiental. Esto ha derivado en que, en 2025, únicamente 3 MW estén en funcionamiento, una cifra muy inferior a las metas establecidas.

Punto crítico es la falta de certidumbre regulatoria. La decisión del Consejo de Estado en 2023 de declarar parcialmente nula la resolución 40791 de 2018 generó un precedente negativo que debilitó la confianza de los inversionistas en la estabilidad de los contratos de largo plazo.

Al mismo tiempo, persisten trabas administrativas: la intervención de múltiples entidades (UPME, ANLA, DIAN y Operadores de Red) y los plazos de respuesta, que están definidos en la normativa, suelen extenderse más de lo previsto. Esta situación impacta sobre toda a las PYMES como que no cuentan con los recursos suficientes para asumir esperas extensas o pagar asesorías costosas que le permitan soportar procesos burocráticos.

Los resultados muestran que la normativa ha impulsado con éxito proyectos de baja escala y rápida ejecución, como la energía solar fotovoltaica, pero menos eficiente en proyectos de gran magnitud, como los parques eólicos del Caribe. Los incentivos han incrementado la rentabilidad, aunque están mayormente al alcance de las empresas grandes y con mayor capacidad técnica.

En este sentido, el principal reto consiste no solo en mantener políticas que promuevan la transición energética, sino en garantizar su efectividad a través de los procesos administrativos más simples, instituciones fortalecidas, estrategias de gestión social y reglas claras estables. De no lograrse, las metas de transición energética que harían comprometidas y las PYMES seguirían enfrentando limitaciones para acceder a los beneficios.

8.9.2. Accesibilidad para las PYMES.

Aunque los beneficios de la normativa son claros, lastimes tropiezan con varias barreras que dificultan su participación en el sector renovable:

- El acceso a los intensivos requiere gestionar trámites ante diversas entidades, lo que genera altos costos de transacción. La mayoría de las PYMES carece de equipos legales o técnicos para este tipo de gestiones.
- Los estudios preliminares y trámites ambientales representan una carga financiera considerable al requerir consultores externos.
- Si bien existen líneas de crédito, las exigencias de garantía y los flujos de caja excluyen a muchas pequeñas empresas del acceso a crédito formal.
- La dependencia de equipos importados hace que las fluctuaciones cambiarias incremente los costos finales.
- La falta de volumen de compra de operación hace que las PYMES se enfrenten a precios unitarios de adquisición e instalación más altos que la de los grandes proyectos.

Recomendaciones.

Para que las PYMES logren aprovechar de manera real los beneficios del marco normativo, se requieren medidas adicionales tales como:

- Establecer una ventanilla única digital que se centra en los trámites con la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) y operadores de red, con el fin de optimizar los tiempos y costos administrativos.
- Brindar guías prácticas y modelos de gestión adoptados a pequeñas empresas, además de listados de bienes exentos Y herramientas para facilitar solicitudes.
- Mayor cobertura del FNG para respaldar proyectos de energía solar distribuida y esquemas de leasing con opción de compra.

- Programas de compra asociada de equipos, donde varias PYMES asuman proyectos de forma conjunta para reducir costos.

En conclusión, la normativa actual ofrece incentivos valiosos, pero sin instrumentos adaptados a las realidades de las PYMES. Donde se hace necesario que el estado, genere políticas públicas que reconozcan la diversidad empresarial y prioricen la inclusión de este sector en la participación en la transición energética.

La implementación de la normativa en energías renovables ha dado varios resultados, donde se observan tanto experiencias exitosas como deficiencias estructurales en su aplicación. El análisis comparativo entre distintos actores grandes compañías, pequeñas y medianas empresas y proyectos de infraestructura, evidencia tanto los avances logrados como las limitaciones de las disposiciones vigentes.

En este marco, resaltan casos concretos que muestran los siguientes resultados:

Ecopetrol: Ha conformado un portafolio superior al 1,3 GW en proyectos solares y eólicos, lo que demuestra su liderazgo en la transición energética y su capacidad de capitalizar los beneficios normativos y fiscales.

Alpina: Ha incorporado estrategias de eficiencia energética y autogeneración solar, reduciendo gastos de energía y fortaleciendo su reputación ambiental.

Colgate-Palmolive: Ha optado por utilizar certificaciones internacionales de energía renovable, como mecanismo de reporte en materia ESG y alinearse con estándares globales.

Paseo Villa del Río: Centro comercial ubicado en la ciudad de Bogotá, que ha instalado techos solares bajo el esquema de medición bidireccional, convirtiéndose en un referente corporativo.

PYMES: Ha logrado acceder a crédito de Bancóldex- BID para financiar proyectos sostenibles en sus instalaciones. Aunque a menor escala reflejan como la política empieza a impactar el sector productivo más amplio.

En conjunto, estos casos confirman que el marco regulatorio colombiano ha resultado eficaz para estimular la inversión empresarial en proyectos de rápida ejecución y con alta rentabilidad, sobre todo en proyectos ágiles y de retorno elevado, particularmente en energía solar fotovoltaica y mecanismos financieros disponibles.

Casos con resultados desfavorables.

A pesar de los avances, los resultados también ponen en evidencia limitaciones importantes. El caso más problemático es el de la energía eólica en La Guajira, donde más de 1 GW adjudicados en el 2019 permanecen paralizados. Entre las causas destacan los conflictos sociales por procesos de consulta previa con comunidades indígenas, los retrasos en la construcción de línea de transmisión colectora y la carga de requisitos ambientales. Como consecuencia, hacia el 2025 solo se contabilizan 32 MW en operación, un resultado muy por debajo de las expectativas.

La incertidumbre regulatoria se ha convertido en una barrera significativa. La decisión del Consejo de Estado en 2023 de anular parcialmente la resolución 40791 del 2018, la estabilidad jurídica de los contratos de largo plazo, lo que generó un presente que impactó negativamente la confianza de los inversionistas en Colombia.

A pesar de los intensivos fiscales disponibles, las pequeñas y medianas empresas siguen encontrando limitaciones para participar. Los altos costos asociados a la preparación de proyectos, los procedimientos complejos ante diferentes instituciones (UPME, ANLA, DIAN y Operadores de Red), además de los requisitos financieros, restringe su participación. En consecuencia, el marco normativo tiende a favorecer a las grandes empresas, reproduciendo desigualdades en el mercado energético.

El panorama revela que la efectividad del Marco normativo es limitada. Los proyectos de menor escala y rápida ejecución, como la energía solar fotovoltaica, la autogeneración empresarial, el uso de certificados I-REC y las líneas de crédito para PYMES, han demostrado avances medibles. Mientras que los parques eólicos del Caribe o proyectos de gran envergadura y largo periodo de desarrollo enfrentan obstáculos estructurales que amenazan el cumplimiento de los objetivos de transición energética.

El marco regulatorio colombiano en materia de energías renovables estructurado inicialmente con la Ley 1715 de 2014, fortalecido posteriormente por la Ley 2099 de 2021 y complementado con normas como el Decreto 2143 de 2015, el Decreto 829 de 2020 y la Resolución CREG 174 de 2021 constituye un sistema coherente que ha logrado impulsar la inversión empresarial y diversificar progresivamente la matriz energética del país. Gracias a este conjunto normativo, Colombia ha avanzado en el cumplimiento de sus metas de sostenibilidad y en la consolidación de la transición energética.

El estudio revela una efectividad desigual en el marco normativo. Por un lado, la energía solar fotovoltaica a demostrar un desarrollo acelerado debido a la simplificación administrativa y al abaratamiento tecnológico, mientras que los proyectos eólicos del Caribe afrontan barreras sociales como ambientales, de transición y legales. Esta situación refleja que el marco

regulatorio, pese a incentivar inversiones, no es suficiente para garantizar la materialización de iniciativas estratégicas.

Del mismo modo, el acceso de las PYMES continúa siendo restringido. La tramitología excesiva, la exigencia técnica, requisitos y la falta de instrumentos adaptados a su escala reducen su posibilidad de participación. De ese modo, los incentivos fiscales y financieros terminan concentrándose en grandes empresas con capacidad técnica y económica, reforzando brechas en el sector.

El plan energético nacional 2020- 2050 y la iniciativa de hidrógeno verde de la UPME 2023 proyecta en un escenario ambicioso de la transición energética. Sin embargo, su éxito dependerá de enfrentar tres retos principales:

- Reforzar la capacidad institucional y mejorar la coordinación entre entidades como la UPME, ANLA, DIAN y operadores de red.
- Se requiere una gestión social anticipada y vinculante, sobre todo en los territorios como La Guajira garantizando la participación de las comunidades a lo largo de todas las etapas de los proyectos.
- Inclusión de PYMES, mediante trámites unificados en la ventanilla digital, garantías financieras extendidas y fomentar programas de adquisición conjunta que permitan disminuir costos.

En conclusión, la normativa en Colombia ha tenido éxito al impulsar la masificación de energía solar y la autogeneración, consolidando las bases de la transición energética. Sin embargo, ha resultado insuficiente para garantizar la equidad en el acceso y la efectividad de proyectos de gran escala, así como para integrar plenamente a las PYMES. Para lograr un

cambio estructural en el sector, será necesario avanzar en reformas regulatorias y en estrategias de aplicación que respondan de manera más efectiva a las particularidades del contexto social, territorial y empresarial del país.

9. Identificar los beneficios tributarios disponibles para las empresas que adoptan energías renovables en Colombia, examinando cómo estos incentivos contribuyen a la rentabilidad y sostenibilidad del negocio, así como su impacto en la toma de decisiones empresariales

El sector energético colombiano avanza hacia el uso de FNCE para reducir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar el impacto ambiental. Para facilitar esta transición, el Estado ha implementado diversos incentivos tributarios que disminuyen los costos de inversión y operación asociados a tecnologías limpias. Entre estos se destacan la deducción especial en el impuesto de renta, la exclusión del IVA, la depreciación acelerada y la exoneración de aranceles. En conjunto, estos beneficios mejoran la rentabilidad de los proyectos y se convierten en un factor clave dentro de la toma de decisiones empresariales, al reducir riesgos financieros y acortar los periodos de recuperación de la inversión. A continuación, se describen los principales beneficios tributarios:

Deducción especial en el impuesto sobre la renta: La Ley 1715 de 2014 permite a los contribuyentes deducir hasta el 50% de la inversión realizada en proyectos de energías renovables, distribuida durante un periodo máximo de 15 años y sin superar el 50% de la renta líquida en cada vigencia fiscal. Este incentivo disminuye de manera significativa la base gravable y genera un "escudo fiscal", lo que reduce el costo real del proyecto y mejora el flujo de caja en los primeros años. (Más Colombia, 2022)

Esta deducción se convierte en un factor decisivo en la evaluación financiera, pues incrementa el VAN, mejora la TIR y reduce el riesgo de inversión. Así, proyectos que antes podían considerarse poco rentables se vuelven más atractivos para las empresas.

Exclusión del impuesto sobre Valor Agregado en Bienes y Servicios: El artículo 12 de la Ley 1715 establece que los equipos, maquinaria y servicios destinados a proyectos de energías renovables están excluidos del IVA. Además, el Decreto 829 de 2020 permite solicitar la devolución del IVA pagado, siempre que el proyecto cuente con la certificación de la UPME. (Más Colombia, 2022)

La exclusión del IVA reduce de forma inmediata la inversión inicial en un 19%, lo que disminuye la necesidad de capital propio o endeudamiento. Esta reducción impacta directamente la decisión empresarial, pues acorta el periodo de recuperación y facilita la viabilidad financiera del proyecto.

Exoneración de impuestos aduaneros: Según el artículo 13 de la Ley 1715, los equipos e insumos importados para proyectos de FNCE pueden ingresar al país sin pago de aranceles, siempre que no exista producción nacional equivalente y que la solicitud se presente con al menos 15 días hábiles antes de la importación. (Más Colombia, 2022)

La eliminación de estos costos disminuye la inversión inicial del proyecto y favorece la adquisición de tecnologías más eficientes. Este beneficio es especialmente atractivo para empresas que requieren equipos especializados no disponibles en Colombia.

Exoneración de gravámenes arancelarios: El artículo 14 de la Ley 1715 autoriza aplicar una depreciación acelerada del 20% anual a los activos utilizados en proyectos FNCE. Si los activos se venden antes de finalizar su depreciación, el valor pendiente debe reconocerse como renta líquida por recuperación de deducciones. (Más Colombia, 2022)

Este incentivo permite aumentar los gastos deducibles en los primeros años, lo que reduce la carga fiscal inicial. Para las empresas, significa mayor liquidez y menores costos

operativos durante la fase crítica del proyecto, mejorando la rentabilidad y facilitando su sostenibilidad financiera.

Exoneración de impuesto de renta en ventas de energía renovable: Se gozará de La Ley 1715 y la Ley 2099 de 2021 permiten que los ingresos derivados de la venta de energía renovable permanezcan exentos del impuesto de renta por 15 años, siempre que se reinvierta al menos el 50% de los ingresos de créditos de carbono en proyectos comunitarios y no se acumulen con otros beneficios fiscales. (Más Colombia, 2022)

Esta exención incrementa la utilidad neta del proyecto y lo hace más competitivo frente a alternativas convencionales. Además, incentiva a las empresas a reinvertir en sostenibilidad y a adoptar estrategias de largo plazo orientadas a comunidades locales.

Tabla 8

Beneficios tributarios establecidos por la ley 1715 de 2014 y normas complementarias para la inversión en energías renovables en Colombia.

Norma	Beneficio Tributario	Descripción	Restricción
La ley 1715 del 2014	Deducción especial del impuesto de la renta.	Los contribuyentes que tienen recursos en proyectos de generación y uso energía renovable pueden acceder a una deducción fiscal hasta el 50% de su inversión, en un plazo de 15 años dentro de su declaración de impuestos.	El monto deducible no podrá ser el 50% de la renta líquida del contribuyente en cada periodo fiscal.
La ley 1715 del 2014 (Art 12)	Exclusión del IVA en bienes y servicios.	Los equipos, maquinaria y servicios destinados a proyectos de energía renovable no están sujetos al pago del IVA. asimismo, se permite la devolución del IVA en caso de haber sido pagado.	El acceso a la devolución de IVA está condicionado a la obtención de la Certificación emitida por la UPME.

La ley 1715 del 2014 (Art 13)	Exoneración de impuestos aduaneros.	La maquinaria, equipos e insumos que sean utilizados exclusivamente en proyectos de FNCE pueden ser importados sin la aplicación de derechos arancelarios.	La solicitud debe ser presentada con un mínimo de 15 días hábiles de su anticipación a la importación. Este beneficio solo es válido para bienes que no tengan producción nacional.
La ley 1715 del 2014 (Art 14)	Depreciación acelerada.	Permite aplicar un esquema de depreciación acelerada del 20% por año para cada maquinaria, equipo e infraestructura utilizados en la generación de energías renovables.	En caso de que los activos sean vendidos antes de su proceso de depreciación, el beneficio fiscal otorgado deberá ser de vuelta y contabilizado como renta líquida por recuperación de deducciones.
La ley 1715 del 2014, decreto 829 del 2020.	Devolución del IVA para inversiones en FNCE.	Los inversionistas tienen la posibilidad de solicitar el reintegro de IVA pagado por la adquisición de insumos y servicios utilizados en iniciativa de energía renovable.	Para acceder a este beneficio, es necesario contar con la certificación de la UPME y cumplir con los criterios técnicos exigidos por la regulación vigente.
La ley 1715 del 2014, ley 2099 del 2021.	Exoneración de impuesto de la renta en ventas de energía renovable.	Los ingresos generados por la venta de energía renovable, incluyendo solar eólica y biomasa, estarán exentos del impuesto de renta durante un período de 15 años.	Para acceder a este beneficio, es necesario reinvertir al menos el 50% de los ingresos obtenidos en el desarrollo de comunidades locales. No es compatible con otros beneficios fiscales como la depreciación acelerada.

Nota. *Elaboración propia (2025), a partir de la información presentada por Más Colombia (2022), la Ley 1715 de 2014, la Ley 2099 de 2021 y el Decreto 829 de 2020, con base en fuentes del Ministerio de Minas y Energía, la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN).*

Desde la perspectiva financiera, los incentivos tributarios no solo reducen la carga impositiva de las empresas, sino que modifican de manera significativa la estructura de inversión de los proyectos renovables. La exclusión del IVA y la exoneración de aranceles disminuyen el capital inicial requerido, mientras que la depreciación acelerada y la deducción del 50% en renta generan un escudo fiscal que mejora el flujo de caja en los primeros años de operación. Como resultado, los proyectos presentan un incremento del Valor Actual Neto (VAN), una mayor Tasa

Interna de Retorno (TIR) y un periodo de recuperación más corto. Esto convierte a las energías renovables en alternativas financieramente competitivas, influyendo positivamente en la toma de decisiones empresariales y reduciendo el riesgo asociado a la inversión.

El valor estratégico de las energías renovables en Colombia se fundamenta en su aporte a la mitigación del cambio climático y en la diversificación de la matriz energética, especialmente en regiones donde la cobertura eléctrica es limitada. El país cuenta con recursos naturales favorables para el desarrollo de tecnologías eólica, solar y de biomasa, lo que lo posiciona como un potencial líder regional en energía sostenible. Sin embargo, persisten retos significativos, como la falta de infraestructura en zonas rurales aproximadamente 495.998 áreas sin conexión eléctrica y la necesidad de impulsar proyectos que materialicen este potencial. Por ello, la adopción de energías renovables no solo tiene beneficios ambientales, sino que constituye una oportunidad para ampliar el acceso energético, promover la equidad territorial y fortalecer la competitividad nacional. (Quirama et al., 2022)

En la siguiente tabla 9, se aprecia los tres tipos de energía solar en Colombia (eólica, biomasa y solar), se establece una vida útil de 30 años. Este enfoque es habitual en proyectos de energía para analizar su sostenibilidad financiera y ambiental. El indicador financiero representa el costo alternativo de capital invertido, donde el porcentaje de energía eólica es del 5%, biomasa con 10%, un porcentaje más alto sugiere un riesgo más elevado o expectativas superiores de rendimientos. (Quirama et al., 2022)

Tabla 9

Datos y supuestos del modelo energía eólica, biomasa y solar.

Descripción de supuestos	Datos		
	Eólica	Biomasa	Solar
Vida útil del modelo	20 años	20 años	20 años
Tasa de descuento	5%	105%	N/A
Capacidad acumulada	Año base 2012	Año base 2012	Año base 2020
Capacidad acumulada total para cada escenario en el año	16 325.7 MW (Mega watts)	16 325.7 MW	N/A
Productividad del panel solar	N/A	N/A	100%
Degradación anual del panel solar	N/A	N/A	0.55%
Disponibilidad anual panel solar	N/A	N/A	98%
Tamaño de la instalación - capacidad instalada	N/A	N/A	432.36 kWp

Nota: la información relacionada con N/A fue información difícil de encontrar en el mercado.

Fuente: Adaptación propia (2022) con datos de los documentos científicos Análisis de costos de la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables en el sistema (Bueno et al., 2016) y factibilidad financiera de un proyecto de energía solar fotovoltaica financiado mediante un acuerdo de compra PPA (Villegas, & Espinal, 2020).

Nota. Tomado de *"Beneficios económicos de la energía renovable en Colombia"*, por U.

Quirama, J. Sepúlveda, M. Morelo, C. Mosquera y L. Valle, 2022, *Administración y Desarrollo*, 52(2), 171-183, p. 179. Adaptación original de los autores con base en Bueno et al. (2016) y Villegas y Espinal (2020).

En relación con capacidad acumulada para la energía eólica y la biomasa, tiene como año base 2012, mientras que para la solar es 2020, lo que sugiere que su desarrollo comenzó más reciente. Para la energía eólica y biomasa, alcanza una capacidad acumulada de 16,325.7 MW, mientras que no hay datos disponibles para energía solar, lo que podría deberse a su ausencia en el modelo. Por otra parte, para los paneles solares, fue definida en un 100%, indicando un desempeño máximo en escenarios perfectos. (Quirama et al., 2022)

La eficiencia de los paneles solares presenta una reducción del 0.55% cada año, y con un 98% de disponibilidad anual, siempre que se mantengan correctamente con sus periodos de mantenimiento y equipos de calidad. La capacidad instalada para la energía solar cuenta con una capacidad máxima de 432.36 kWp, representa el máximo rendimiento posible en condiciones óptimas. (Quirama et al., 2022)

Según la Tabla 10, que se muestra a continuación, se comparan los costos asociados a tres tipos de energías renovables. La energía eólica es la más económica en costos de instalación (\$2,213,000 USD/MW) y mantenimiento (10 USD/MW), pero opera con menor eficiencia de (0.25). La biomasa, tiene costos significativamente altos (\$8,180,000 USD/MW) y una mayor emisión de CO₂, son considerablemente más altas. La energía solar no detalla costos totales en USD/M, pero incluye información clave sobre paneles solares y sistemas fotovoltaicos, mostrando un enfoque de eficiencia y sostenibilidad. (Quirama et al., 2022)

Tabla 10.

Costos y datos por tipo de energía seleccionada.

Descripción de supuestos	Datos		
	Eólica	Biomasa	Solar
Costo unitario de capital (USD/MW)	2.213.000	8.180.000	N/A
Costo unitario fijo (USD/MW)	72.720	1.454.40	N/A
Costo O&M Variable (USD/MW) dólares por Mega watt	10	17.49	N/A
Factor de capacidad	0.25	0.95	1
Tasa de Emisión (t CO ₂ /MW)	144	793	N/A
Paneles solares e inversores (USD)	N/A	N/A	178.109
Sistema solar fotovoltaico (USD)	N/A	N/A	255.361
IVA (USD)	N/A	N/A	48.436
Operación y mantenimiento (USD/kWp)	N/A	N/A	9.809.782
Total, costos	2.285.730	8.180.000	10.291.688

Nota: la información relacionada con N/A fue información poco sustentada en el mercado.

Fuente: Adaptación propia (2022) con datos de los documentos científicos Análisis de costos de la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables en el sistema (Bueno et al. 2016) y factibilidad financiera de un proyecto de energía solar fotovoltaica financiado mediante un acuerdo de compra PPA (Villegas, & Espinal, 2020).

Nota. Tomado de "Beneficios económicos de la energía renovable en Colombia", por U.

Quirama, J. Sepúlveda, M. Morelo, C. Mosquera y L. Valle, 2022, *Administración y Desarrollo*, 52(2), 171-183, p. 179. Adaptación original de los autores con base en Bueno et al. (2016) y Villegas y Espinal (2020).

La tabla 11 permite observar que, al comparar la energía eólica, biomasa y solar bajo una capacidad estándar de 2.5, evaluando los costos ajustados de \$ 2,152,632 USD. La biomasa

resulta ser la opción más accesible en costos económicos de \$2.152.632 USD. Mientras que la eólica está con \$2.285.730 USD, y la energía solar tiene costos más elevados, alcanzando \$2.572.992 USD. Este resultado refleja que, en términos económicos, la biomasa es una alternativa competitiva y rentable frente a las demás fuentes de energía, dependiendo de los objetivos y requerimientos. (Quirama et al., 2022)

Tabla 11.

Relación entre las energías según capacidad y costo total.

Rango de edad	Eólica	Biomasa	Solar	Biomasa	Solar
Capacidad	0.25	0.95	1	0.25	0.25
Costo total (USD)	\$ 2,285,730	\$ 8,180,000	\$10,291,688	\$ 2,152,632	\$ 2,572,922

Nota: Se relacionaron todas las energías con base a la capacidad de 2.5

Fuente: elaboración propia (2022) con datos de los documentos científicos: Análisis de costos de la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables en el sistema (Bueno et. al. 2016) y factibilidad financiera de un proyecto de energía solar fotovoltaica financiado mediante un acuerdo de compra PPA (Villegas, & Espinal, 2020).

En relación con la tabla 12, el análisis de los costos de energía renovable revela que la biomasa resulta la alternativa más económica con un costo de \$3.739,81 USD/MWh, mientras que la solar con \$21.6 USD/MWh y la eólica, resulta ser las más costosa, alcanzando \$6.704.77 USD/MWh. Estas cifras resaltan la importancia de evaluar las opciones disponibles en Colombia, donde se podría aprovechar su potencial en condiciones naturales. No obstante, el país enfrenta un bajo nivel de desarrollo, lo que refleja una falta es proyectos que aprovechen el potencial ambiental y económico. (Quirama et al., 2022)

Tabla 12

Costo de energía por hora.

Tipo de energía	Costo Total (USD)	Capacidad total (MW)	Costo Total (USD/MWH)
Eólica	\$109.460.015,00	16.325,70	\$6.704,77
Biomasa	\$61.051.770,00	16.325,70	\$3.739,61
Solar	\$352.447,08	16.325,70	\$21,6

Fuente: elaboración propia (2022) con datos de los documentos científicos: Análisis de costos de la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables en el sistema (Bueno et. al, 2016) y Factibilidad financiera de un proyecto de energía solar fotovoltaica financiado mediante un acuerdo de compra PPA (Villegas, & Espinal, 2020).

En cuanto a, los casos empresariales en Colombia que han implementado energías renovables y su impacto positivo de los beneficios tributarios en su desarrollo se presentan los siguientes:

Empresa Alpina: a través de diversas iniciativas, reafirmó su compromiso con la sostenibilidad para reducir su el impacto ambiental y fortalecer su eficiencia operativa. Durante el año 2023, la compañía alcanzó logros significativos en la disminución de huella de carbono, la eficiencia energética y la incorporación de energías renovables en sus procesos productivos. (Alpina, 2023)

Alpina, como parte de su compromiso de sostenibilidad, construye su primera planta solar en alianza con Celsia, equipada con 4600 paneles solares, la cual provee el 13% de la energía utilizada en la planta de Sopó. Gracias a la combinación con la generación de biogás, esta instalación autogenera más del 50% de su energía. En 2023, la compañía obtuvo el 49% de su consumo energético proveniente de fuentes limpias, alcanzando un 65% de energía renovable total. Además, durante los últimos diez años, Alpina logró disminuir emisiones de gases de efecto invernadero en un 25% y ha compensado sus emisiones operacionales a través de la compra de bonos de carbono. (Alpina, 2023)

En su compromiso con la sostenibilidad, Alpina ha implementado estrategias en la gestión responsable del consumo de agua en sus operaciones, logrando un ahorro de 48,688 m³ y

asegurando el tratamiento total de agua residuales en un 100%, eliminando más del 95% de los contaminantes antes de devolverlas a los ecosistemas. Con relación al manejo de plástico, desde el año 2020 ha disminuido el uso de empaques en un 10% y ha incorporado plástico reciclado en sus envases. Como resultado de su esfuerzo, en el 2023 recibió por segunda vez consecutiva la certificación de plástico neutro. (Alpina, 2023)

La planta de Sopo, Cundinamarca, ha integrado el biogás como fuente de energía a partir de la descomposición de materia orgánica en sus aguas residuales, cubriendo así el 38% de su demanda energética. Además, en 2023, destino más de \$9.917 millones COP iniciativas ambientales, logrando reutilizar el 95.6% de sus residuos industriales y promover la economía circular. (Alpina, 2023)

Desde el enfoque contable, el uso de energías renovables ha representado unas ventajas de rentabilidad en Alpina. Mediante la operación de su planta de biogás y su sistema solar, la empresa ha logrado disminuir la dependencia de la red eléctrica convencional, logrando una disminución en los costos de operación relacionados con el consumo en eléctrico. (Alpina, 2023)

En el año 2023, Alpina alcanzó ingresos por valor de \$2.537.690 millones COP, y costos operativos de \$1.307.458 millones COP. La disminución de gasto en la energía impactó favorablemente sus finanzas, permitiéndole a la empresa un ahorro de \$93.628 millones COP en valor económico, reflejando una mejor administración de sus recursos. (Alpina, 2023)

La reducción del 25% en emisiones del CO₂ impulsó mejoras en los procesos productivos, incrementando la eficiencia sin un aumento proporcional de costos. Al mismo tiempo, su inversión en energía renovable y mejoras operativas fortalece su rentabilidad e incrementa su atractivo en el mercado, al atraer inversionistas y consumidores comprometidos con el medio ambiente. (Alpina, 2023)

El reporte de sostenibilidad de Alpina no menciona explícitamente los beneficios tributarios, pero la compañía ha aprovechado los beneficios disponibles en Colombia para sus proyectos de energía renovable. La ley 1715 del 2014 y otras normativas ofrecen un marco sólido de estímulos fiscales para promover la transición energética. Dentro de estos beneficios, las empresas implementan fuentes renovables pueden acceder a la exoneración del IVA en compra de equipos y materiales, lo que representa un ahorro del 19% en costos de inversión. (Sandoval, 2024)

Adicionalmente, las empresas pueden aplicar la adopción del 50% en el impuesto de renta por capital invertido, un beneficio que Alpina puede distribuir en un plazo de 15 años para maximizar su impacto fiscal. Otro incentivo relevante de la depreciación acelerada de los activos renovables, lo que permite reducir la base gravable más rápidamente, permitiendo amortizar equipos solares en un menor tiempo y reducir así la base gravable del impuesto de renta. (Sandoval, 2024)

Aunque algunos incentivos han impulsado a la inversión de sostenibilidad, algunas barreras que enfrentan las empresas son:

- Tener certificaciones ambientales y beneficios tributarios exige cumplir con procesos extensos, lo que puede retrasar la ejecución de proyectos sostenibles.
- Las inversiones iniciales significativas limitan el acceso de algunas compañías a estas tecnologías.
- Los cambios en las normativas gubernamentales pueden variar con el tiempo, afectando los beneficios tributarios y además de la planificación financiera a largo plazo.
- La adopción de energías renovables demanda conocimientos técnicos especializados, lo que puede ser un desafío para las empresas con recursos limitados.

Si bien los incentivos han impulsado a la transición de energía renovable, existen áreas donde se podría mejorar varios aspectos:

- Es fundamental que el gobierno garantice continuidad de los incentivos y minimice cambio regulatorios imprevistos.
- La adopción de mecanismos más eficientes permitiría acceder a beneficios fiscales con menor carga administrativa y aceleraría la ejecución de proyectos sostenibles.
- Facilitar el acceso a créditos verdes con tasas preferenciales, respaldados por el gobierno, ayudaría que las empresas inviertan en energías limpias sin comprometer su estabilidad financiera.
- La capacitación en tecnología sostenible enfocada en la implementación y gestión de energía renovable mejoraría el conocimiento y la implementación de dichas tecnologías.

En resumen, la experiencia de Alpina demuestra que la adopción de energías renovables mejora significativamente su gestión ambiental, incrementa la eficiencia operativa y apoya una administración financiera orientada a la sostenibilidad. Con base en estos resultados, se presentará el apartado Análisis del caso Alpina, cuyo propósito es analizar detalladamente el impacto de estas tecnologías en la rentabilidad y en las decisiones corporativas.

Tabla 13

Análisis del caso Alpina: Incentivos tributarios, efectos económicos y operativos derivados de la implementación de energía renovables (solar y biogás)

Caso 1: ALPINA, PLANTA SOPÓ (ENERGÍA SOLAR +BIOGÁS)	
Tecnologías:	Cerca de 4.600 paneles; el solar aporta 13% del consumo y el biogás 38%. En conjunto, la planta opera con 65% de energía renovable, lo que reduce su exposición a la red y a la volatilidad de precios.
Incentivos:	Exclusión de IVA y exención arancelaria para equipos, deducción del 50% de la inversión en el impuesto de renta por hasta 15 años (con tope del 50%)

	de la renta líquida), y depreciación acelerada del 20% anual. En la práctica, esto disminuye el desembolso inicial y acelera la recuperación fiscal de la inversión.
Efecto operativo:	Ahorro energético relevante y reducción de GEI 25% en 10 años. En 2023 se reportó ahorro de \$93.628 millones COP, reflejo de menores compras de energía y mejor eficiencia.
Efecto económico:	Menor inversión inicial neta por IVA/aranceles excluidos; mayor depreciación al inicio que crea escudo fiscal; y la deducción del 50% que reduce la base gravable (respetando el tope). En conjunto, mejora el flujo de caja de los primeros años.
Conclusión:	Con estos incentivos, el proyecto aumenta su rentabilidad y mejora el flujo de caja al inicio, lo que hace la inversión más atractiva y factible.

Nota. *Elaboración propia (2025) con base en información de Alpina (2023) y Sandoval (2024)*

9.1. Caso 1: Alpina S.A, Planta Sopó (2023)

Datos relevantes:

Instalación de (4.600 paneles, alianza Celsia).

Cobertura: 13% del consumo de Sopó y 5% a nivel nacional, lo que equivale a encender 192.300 bombillos convencionales.

Planta de biogás (sopo):

Aprovecha residuos líquidos industriales.

Provee 38% de energía local.

Matriz energética nacional 2023:

49% energía renovable certificada.

27% convencional.

19% biogás.

5% solar.

Total renovable: 65%

Gestión de emisiones: Entre 2014 y 2023, Alpina logró una reducción progresiva de sus emisiones de CO₂, pasando de 67.500 a 46.472 toneladas. Este avance fue posible gracias a la sustitución de calderas a ACPM por equipos a gas, la implementación de luminarias LED y la operación de la granja solar, medidas que en conjunto fortalecen su estrategia de sostenibilidad energética.

Gestión hídrica: La empresa garantizó el tratamiento del 100% de sus aguas residuales, alcanzando una eficiencia del 95% en la eliminación de la carga orgánica. Durante 2023, logró un ahorro de 48.688 m³ de agua, del cual aproximadamente el 60% correspondió a la planta de Sopó. Estos resultados reflejan una estrategia integral orientada a la optimización del recurso hídrico y a la reducción del impacto ambiental.

Inversión ambiental:

2023: \$9.917 517.530 COP, la más alta en 10 años, según informe de sostenibilidad (Alpina, 2023)

Cálculo:

Impuesto de renta corporativa: 35%.

IVA aplicado a los equipos: 19%

Vida útil contable ordinaria: 20 años.

Aplicación de depreciación acelerada: 5 años.

Cálculo de la deducción del 50% en renta:

$\$ 9.917.517.530 \times (50\%) = 4.958.758.765$ deducibles en 5 años.

Ahorro tributario anual: 347 113.113 COP.

Calculo depreciación acelerada frente a la normal.

Tradicional, 20 años:

$$\frac{9.917.517.530}{20} = 495.875.877$$

Acelerada en 5 años:

$$\frac{9.917.517.530}{5} = 1.983.503.506$$

Diferencia obtenida: $495.875.877 - 1.983.503.506 = 1.487.627.629$ COP

Impacto tributario.

$1.487.627.629 \times 35\% = 520.669.670$ de ahorro anual.

Exclusión del IVA (70% equipos importados)

$9.917.517.530 \times 70\% \times 19\% = 1.319.229.819$ COP

Total, ahorro tributario.

Deducción 50% (anual): 347.113.114

Depreciación acelerada (anual): 520.669.670

Exclusión IVA (única vez): 1.319.029.831

Total, suma: $347.113.114 + 520.669.670 + 1.319.029.831 = 2.186.812.615$

Equivale a: $2.186.812.615 / 9.917.517.530 = 22.05\%$ de la inversión.

Nota. *Cálculos y análisis elaborados por la autora con base en la información del Informe de Sostenibilidad de Alpina (2023)*

El cálculo se realizó bajo el método depreciación lineal, comparando la vida útil normalmente de 20 años con el beneficio de depreciación acelerada en 5 años para proyectos de energía limpia. Además, se aplicó la deducción del 50% de la inversión en un periodo de 5 años y la exclusión del IVA del 19% sobre el 70% de los equipos. Con una inversión reportada (Alpina, 2023) \$9.917517.530, el beneficio tributario total del primer año ascendió a \$2.186.812.615 (22,05%), compuesto por la deducción especial, \$520.669.670 por depreciación acelerada y ahorro por IVA \$1.319.029.831.

En el caso de Alpina, la aplicación de los beneficios tributarios, entre ellos la deducción del 50% de renta, la exención del IVA y la depreciación acelerada permitió alcanzar un ahorro cercano del 22% de la inversión inicial. Eso redujo el capital neto comprometido y fortaleció el flujo efectivo durante los primeros cinco años, favoreciendo un período de recuperación más rápido, un VAN positivo y una TIR por encima del costo del capital. Dichos indicadores hicieron que la inversión de energías renovables fuera no solo ambientalmente posible, sino también financieramente rentable, lo que motivó a la empresa a optar la adopción de iniciativas sostenibles de gran magnitud.

Tabla 14.

Análisis comparativo del escenario con y sin incentivos tributario e la inversión de las energías renovables.

Escenario	Costo de inversión	IVA excluido	Ahorro tributario por depreciación acelerada	Ahorro total año 1	% de ahorro sobre la inversión inicial

Sin incentivos	9.917.517.530	0	0	0	0%
Con incentivos	9.917.517.530	1.319.029.831	867.782.784	2.186.812.615	22.05%

Nota. *Cálculos elaborados por la autora con base en la información del informe de las Sostenibilidad de Alpina (2023).*

El análisis comparativo de los escenarios refleja con claridad el efecto de los beneficios tributarios; el plazo de recuperación, que inicialmente era de 6,2 años, se redujo a 3,6 años gracias a los beneficios tributarios. Esto pone en evidencia que la política tributaria actúa como un catalizador de la viabilidad financiera, pasando de una inversión con retorno moderado a una con retorno rápido. El ahorro del 22% del de la inversión inicial ratifica que la legislación vigente es determinante en las decisiones de las empresas para implementar tecnologías limpias.

Tabla 15.

Análisis de rentabilidad del proyecto de energías renovables en Alpina S.A, considerando los incentivos tributarios.

Concepto	Detalle
Inversión inicial	\$9.917 millones
Ahorro operativo anual	\$1.600 millones
Ahorro tributario año 1	\$2.186 millones
Inversión neta con incentivo	$\$9.917 - \$2.186 = \$7.731$ millones
Flujo anual con incentivos	$\$1.600 + \$520 = \$2.120$ millones
Periodo de recuperación, sin incentivos	$\$9.917 / \$1.600 = 6,2$ años
Periodo de recuperación, con incentivos	$\$7.731 / \$2.120 = 3,6$ años
ROI sin incentivos	$\$1.600 / \$9.917 = 16,1\%$
ROI con incentivos	$\$2.120 / \$7.731 = 27,4\%$

VAN con $r = 10\%$	$2.120 \times 6,1446 - 7.731 = \5.293 Millones, positivo
TIR (prueba 24%)	$= \frac{1 - (1 + 0,24)^{-10}}{0,24} = 3,821$ $2.120 \times 3,821 - 7.731 = +368$ Millones, positivo
TIR (prueba 30%)	$= \frac{1 - (1 + 0,30)^{-10}}{0,30} = 3,093$ $2.120 \times 3,093 - 7.731 = -1.176$ Millones, negativo.
TIR	El valor de la TIR se estimó por cálculo intermedio entre el 24% (VAN positivo) y el 30% (VAN negativo)

Nota: *Elaboración propia (2025) con base en la inversión del informe de Sostenibilidad de Alpina (2023) y cálculos financieros realizados por la autora.*

Fórmula aplicada ($r=10\%$, $n=10$)

$$VAN = FC \times \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_0$$

$$= \frac{1 - (1 + 0,10)^{-10}}{0,10} = 6,1446$$

Los indicadores financieros de Alpina, reflejados en un VAN favorable y una TIR cercana al 26%, ponen en manifiesto que la implementación de energías renovables es igual a una decisión de rentabilidad empresarial. Los incentivos fiscales facilitan que el proyecto se situara por encima del costo del capital, aportando estabilidad a la inversión y consolidando la posición estratégica de la empresa.

- **El centro comercial Paseo Villa del Río**, ubicado en Bogotá, en colaboración con Green Yellow Colombia, ha impulsado un importante avance en temas de sostenibilidad dentro del sector empresarial. Esa iniciativa reafirma su compromiso con la reducción del

impacto ambiental, y se convierte en un ejemplo clave para la aplicación de energía renovable en el sector comercial. (GreenYellow, 2023)

Este centro comercial ha sido reconocido por recibir la certificación internacional EDGE, otorgada por la corporación financiera internacional IFC (Miembro del grupo del Banco Mundial), que lo distingue como el primer centro comercial de la capital en alcanzar este reconocimiento, reafirmando su compromiso por desarrollar construcciones sostenibles en mercados emergentes. (GreenYellow, 2023)

Para obtener esta certificación, el centro comercial implementó en tecnologías innovadoras, como la instalación de sensores de CO₂ en baños para mejorar la ventilación, sistemas de circulación de aire en los estacionamientos y aislamiento térmico en sus techos y fachadas. Además, optó por la eficiencia energética con iluminación LED en todas sus instalaciones, eliminando el uso de aire acondicionado en áreas comunes y un sistema de recolección de agua lluvia para el mantenimiento de baños y jardines. (GreenYellow, 2023)

La incorporación de energía solar ha permitido que el 24% del consumo eléctrico del centro comercial provenga de fuentes renovables, disminuyendo su dependencia a la electricidad convencional. Eso se traduce a la reducción de costos operativos, favoreciendo los márgenes financieros de la empresa. Adicionalmente, la normativa colombiana ofrece estímulos fiscales para la adopción de energías limpias, lo que contribuye a aliviar la carga fiscal y mejora su liquidez. (GreenYellow, 2023)

Este proyecto cuenta con 658 paneles solares con una capacidad instalada de 382 kilovatio pico (kWp, por sus siglas en inglés), lo que logra generar 538 megavatio hora (MWh, por sus siglas en inglés) al año. La reducción del consumo de energía convencional, y los beneficios tributarios, aceleran la recuperación de la inversión inicial de menos tiempo,

optimizando así el retorno de la inversión (ROI por sus siglas en ingles). Asimismo, al evitar la emisión de 271 toneladas de CO₂ anuales, la empresa podría beneficiarse al acceder a bonos de carbono, los cuales pueden representar un ingreso extra o beneficios dentro del mercado ambiental. (GreenYellow, 2023)

El uso de energía sostenible ha permitido el ahorro significativo en el consumo de agua del 54%, lo que disminuye los costos en servicios públicos. Además, la iluminación LED y la ventilación natural, reducen la necesidad de sistemas costosos de climatización. La reducción de más de 2.000 toneladas de CO₂ al año y la optimización de recursos refuerzan el compromiso ambiental del centro comercial, que a su vez permite mantener una estabilidad financiera frente a posibles aumentos en costos operativos o nuevas regulaciones. (Jordonez, 2021)

Gracias a la instalación de su planta solar, el centro comercial Paseo Villa del Río pudo acceder a beneficios tributarios que favorecen la viabilidad financiera del proyecto. Entre los incentivos tributarios más relevantes se encuentran:

La deducción del impuesto sobre la renta, a empresas que inviertan en fuentes no convencionales de energía, podrán reducir hasta el 50% de su inversión en su renta gravable, aplicándolo en un periodo de hasta 15 años. En el caso del centro comercial Paseo Villa del Río, la adopción le permitirá recuperar parte de su inversión en paneles solares a través de un menor pago impuestos, lo que mejora su retorno de inversión. (Ambiente Solar, 2023)

Los equipos y servicios utilizados en proyectos de energía renovable están exentos del IVA del 19%, foto que representa un ahorro significativo en inversión inicial. Para centro comercial Paseo Villa del Río eso significa que la compra de paneles solares, inversores y batería se realizará en este impuesto, deduciendo el costo total del proyecto en casi en quinta parte del

capital. Ese beneficio disminuye el gasto de capital, favoreciendo en la incorporación de tecnologías sostenibles en el sector empresarial. (Ambiente Solar, 2023)

La legislación permite que las empresas que importan tecnología solar puedan solicitar la exención de derechos arancelarios, siempre que no exista una alternativa de producción nacional equivalente. En relación con centro comercial Paseo Villa del Río, los componentes adquiridos en el extranjero, como paneles solares fotovoltaicos, pudieron ingresar al país sin costos adicionales, reduciendo el presupuesto del proyecto. (Ambiente Solar, 2023)

En el marco legal se establece que los activos de energía renovables se aprecian en un periodo menor a la habitual, lo que permite recuperar la inversión en un menor tiempo. Aplicando una tasa del 20% anual en 5 años, en lugar de los 10 años o más depreciación común. Eso implica que las empresas puedan reflejar mayores gastos contables al inicio, lo que disminuye la carga del impuesto sobre la renta en esos periodos. El centro comercial Paseo Villa del Río, puede aprovechar este mecanismo para recuperar la inversión en la planta solar rápidamente. Cabe resaltar que la depreciación acelerada es acumulable con la deducción del 50%, lo que potencia los incentivos disponibles para la empresa. (Ambiente Solar, 2023)

El centro comercial Paseo Villa del Río tomó la decisión estratégica de implementar 658 paneles solares, impulsado por los incentivos tributarios contemplados en el marco legal colombiano. entre ellos se destaca la deducción de hasta el 50% del monto invertido en la renta y la depreciación acelerada, lo que permitió recuperar la inversión rápidamente y optimizar su flujo de caja. La exención del IVA y aranceles en la compra de equipos importados también fue determinante para reducir los costos iniciales del proyecto. Esta iniciativa ha permitido que el 24% de su energía actual provenga energías limpias, lo que ha fortalecido su posicionamiento como empresa sostenible y aumentando su valor competitivo en el mercado.

En síntesis, el caso del centro comercial Paseo Villa del Río demuestra que la incorporación de tecnologías sostenibles y el uso de energías renovables incrementan la eficiencia operativa, disminuyen costos y optimizan el desempeño ambiental, mientras que los incentivos tributarios contribuyen a asegurar la viabilidad financiera del proyecto. A partir de estos hallazgos, se presentará el Análisis del caso, con el propósito de evaluar de manera precisa cómo estas acciones influyen en su rentabilidad y competitividad empresarial.

Tabla 16.

Análisis del Centro Comercial Paseo Villa del Río: Incentivos tributarios, efectos económicos y operativos de la implementación de energía renovable.

Caso 2: EL CENTRO COMERCIAL PASEO VILLA DEL RÍO	
Tecnologías:	Sistema fotovoltaico en techo con 658 paneles (382 kWp) que produce -538 MWh/año y cubre -24% del consumo del centro comercial; cuenta con certificación EDGE y deja de emitir 271 CO ₂ cada año.
Incentivos:	Exclusión de IVA, exención arancelaria, deducción del 50% de la inversión en el impuesto de renta (según tope) y depreciación acelerada.
Efecto operativo:	Medidas de eficiencia en energía y agua que reducen los costos de servicios y mejoran el desempeño ambiental.
Efecto económico:	Inversión inicial neta menor (sin IVA ni aranceles), mayor depreciación en los primeros años que genera escudo fiscal, y deducción del 50% que disminuye el impuesto de renta dentro de los límites legales.
Conclusión:	La combinación de incentivos y eficiencia acorta el periodo de recuperación, mejora el flujo de caja inicial y refuerza la decisión de invertir por su mayor viabilidad y rentabilidad.

Nota. *Elaboración propia (2025) con base en información de GreenYellow (2023), Jordonez (2021) y Ambiente Solar (2023). Algunos valores y relaciones económicas fueron ajustados mediante supuestos de la autora para efectos del análisis académico.*

9.2. Caso 2: El Centro Comercial Paseo Villa del Río (2025)

Datos relevantes

Proyecto: Planta solar ubicada en la cubierta del centro comercial.

Inicio de operación: enero de 2024

Producción anual esperada: Cerca de 538 MWh por año, según (GreenYellow, 2023)

Aporte energético: entre el 24% y el 25% de la demanda eléctrica del centro comercial.

Emisiones emitidas: alrededor de 271 toneladas de CO₂ al año.

Resultados financieros.

Presupuesto destinado a servicios públicos en 2024: \$2.846.000.000.

Gasto real ejecutado: \$2.513.000.000

Monto ahorrado: \$333.000.000

Según el informe del (Centro comercial Paseo Villa del Río, 2025), aclara que \$290.000.000 millones corresponden al menor gasto en energía eléctrica por el funcionamiento de la planta solar.

Evidencia Contable:

El resultado neto antes de impuestos en 2024: \$413.000.000

El ahorro obtenido por el sistema solar en: \$290.000.000 representa alrededor del 70% de ese excedente, mostrando una influencia concreta y considerable en la sostenibilidad económica de la copropiedad.

Proyección contable del beneficio fiscal (hipotética bajo la ley 1715/2014 y ley 2099/2021).

Como el informe no especifica la inversión realizada en el sistema solar, se calculó una estimación con base de rangos del mercado. Tanto la UPME y empresas del sector, el costo de proyectos solares en Colombia se ubica entre el 1.000.000.0000 y 4.000.000.0000 millones de pesos por KWp instalado. Considerando que la planta del centro comercial paseo Villa del Río cuenta con una capacidad de 382 KWp, la inversión total se estima que estaría entre \$382.000.000 millones y \$1.528.000.000 millones. Para efectos del presente ejercicio, se asume como valor de referencia un monto intermedio de \$1.000.000.000 millones para calcular los incentivos fiscales proyectados.

Supuestos de cálculo (hipótesis):

Monto de inversión estimada en la planta solar: \$2.000.000 millones COP (derivado de un valor promedio de \$1.000.000 COP/kWp x 382 kWp instalados).

Tasa del impuesto de renta corporativa: 35%.

Impuesto al valor agregado en equipos: 19%.

Vida útil contable ordinaria: 20 años.

Régimen de depreciación acelerada: 5 años.

Cálculo de la deducción del 50% en renta:

\$1.000.000.000 x (50%) 500.000.000 deducibles en 5 años

Distribuidos en 5 años, \$200 millones por año.

Calculo depreciación acelerada frente a la normal.

Tradicional (20 años):

$$\frac{1.000.000.000}{20} = 50.000.000$$

Acelerada en 5 años:

$$\frac{1.000.000.000}{5} = 200.000.000$$

Diferencia obtenida: 200.000.000 – 50.000.000 = 150.000.000 COP

Impacto tributario: 150.000.000 x 35% = 52.500.000 de ahorro anual.

Exclusión de IVA: (70% equipos importados)

1.000.0000 x 70% 19% = 133.000.000 COP

Total, ahorro tributario.

Deducción 50% (anual): 347.113.114

Depreciación acelerada (anual): 520.669.670

Exclusión IVA (única vez): 1.319.029.831

Total, suma: 347.113.114 + 520.669.670 + 1.319.029.831 = 2.186.812.615

Equivale a: 2.186.812.615 / 9.917.517.530 = **22.05% de la inversión.**

Nota. Cálculos y análisis elaborados por la autora con base en información de GreenYellow (2023), Jordonez (2021) y Ambiente Solar (2023). Algunos valores y relaciones económicas fueron ajustados mediante supuestos de la autora para efectos del análisis académico.

En ese caso, los incentivos fiscales permitieron disminuir la inversión neta inicial a través de la exclusión de IVA y aranceles, al mismo tiempo que generaron un escudo fiscal gracias a la depreciación acelerada y la deducción del 50% en renta. Estas medidas contribuyeron a mejorar la liquidez y redujo el tiempo de recuperación de 3,3 años a 2,5 años. Este efecto se tradujo en un incremento de Valor Presente Neto (VAN) y en una Tasa Interna de Retorno TIR más alta, lo que dio liquidez al proyecto solar y motivó a la copropiedad a apostar por energías renovables, garantizando una reducción sostenida de los costos energéticos y una mayor solidez competitiva.

Tabla 17.

Análisis comparativo del escenario con y sin incentivos tributario e la inversión de las energías renovables.

Escenario	Costo de inversión	IVA excluido	Ahorro tributario anual por depreciación y deducción.	Beneficio tributario total año 1	Periodo de recuperación de la inversión (estimado)
Sin incentivos	1.000.000.000	0	0	0	3,3 años
Con incentivos	1.000.000.000	133.000.000	52.500.000	185.500.000	2,5 años

Nota. Cálculos elaborados por la autora con base en información de GreenYellow (2023), Jordonez (2021) y Ambiente Solar (2023). Algunos valores y relaciones económicas fueron ajustados mediante supuestos de la autora para efectos del análisis académico.

El beneficio fiscal inicial de 185 millones, que representó cerca del 18,6% del monto invertido, redujo el plazo de recuperación de 3,4 a 2,4 años. Esto confirma que los beneficios

fiscales desempeñan un rol importante en la viabilidad del proyecto, que asegura recursos en las primeras etapas. La agilidad en el retorno válida la adopción de energías renovables como una estrategia empresarial rentable en el sector comercial.

Tabla 18.

Análisis de rentabilidad del proyecto de energías renovables en el Centro Comercial Paseo Villa del Río, considerando los incentivos tributarios.

Concepto	Detalle
Inversión inicial	\$1.000 millones
Ahorro operativo anual	\$290 millones
Ahorro tributario año 1	\$185 millones
Inversión neta con incentivo	\$100- \$185 = \$815 millones
Flujo anual con incentivos	\$290 + \$52,5 = \$342,5 millones
Periodo de recuperación, sin incentivos	\$1.000 / \$290 = 3,4 años
Periodo de recuperación, con incentivos	\$815 / \$342,5 = 2,38 años
ROI sin incentivos	\$290 / \$1.000 = 29%
ROI con incentivos	\$342,5 / 815 = 42%
VAN con r = 10%	$342,5 \times 6,1446 - 815 = \$2.104,5 - 815 = + 1.289,5$ Millones, positivo
TIR (prueba 40%)	$= \frac{1 - (1 + 0,40)^{-10}}{0,40} = 2,41$ $342,5 \times 2,41 - 815 = +10,2$ Millones, positivo
TIR (prueba 41%)	$= \frac{1 - (1 + 0,41)^{-10}}{0,41} = 2,36$ $342,5 \times 2,36 - 815 = -8,06$ Millones, Negativo

TIR	El valor de la TIR se estimó por calculo intermedio entre 40% (VAN positivo) y con 41% (VAN negativo)
-----	---

Nota: *Elaboración propia (2025) con base en información de GreenYellow (2023), Jordonez (2021) y Ambiente Solar (2023). Algunos valores y relaciones económicas fueron ajustados mediante supuestos de la autora para efectos del análisis académico.*

Fórmula aplicada (r=10%, n=10)

$$VAN = FC \times \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_0$$

$$= \frac{1 - (1 + 0,10)^{-10}}{0,10} = 6,1446$$

El paso de un ROI del 29% al 42%, acompañado de un TIR de acelerador del 40,5% demuestra que la combinación entre incentivos tributarios y mejoras en eficiencia energética eleva el proyecto a un nivel de alta rentabilidad. Desde la perspectiva empresarial, estos resultados confirman que la sostenibilidad es no solo un compromiso ambiental, sino también una ventaja estratégica dentro de la gestión financiera.

- **Proyectos Ámbar Roca y Ámbar Río:** En el Rodadero Sur, de Santa Marta, desarrollado por **3G Constructores**, lidera la transformación del sector inmobiliario con los proyectos llamados Ámbar Roca y Ámbar Río, con un enfoque ecológico y eficiente. Estas edificaciones incluyen paneles solares, iluminación LED, sensores de movimiento, punto de carga para vehículos eléctricos y sistemas de reutilización de agua para la optimización de recursos. (Redacción Semana, 2023)

Ámbar Río, marcará por ser el primero en la región en incorporar energía eólica mediante una turbina instalada en su último nivel. Además, contará con un sistema de reutilización de aguas grises para minimizar el consumo de agua potable. Su diseño sostenible incluye elementos

arquitectónicos como muros térmicos, voladizos que conducen la incidencia solar y fachadas verdes que contribuyen al confort climático de sus espacios. (Redacción Semana, 2023)

Ambos proyectos desarrollados recibirán la certificación de EDGE, del grupo del banco mundial, en reconocimiento a su diseño eficiente que reduce el consumo de energía, agua y materiales durante su construcción. Desde el 2016, 3G Constructores ha adoptado un modelo de negocio sostenible, ganando prestigio a nivel nacional e internacional. (Redacción Semana, 2023)

Uno de los principales retos del sector radica en fomentar una mayor valoración de estas edificaciones por parte de los compradores, al igual que sucede en Europa, donde los inmuebles cuentan con una clasificación energética, lo que facilita la justificación de la inversión inicial debido a los ahorros operativos y al menor impacto ambiental en el tiempo. (Redacción Semana, 2023)

La implementación de paneles solares, iluminación LED y sistemas de reutilización de agua permitirá un ahorro considerable en la electricidad y consumo hídrico. Esto impactará positivamente en los costos operativos, beneficiando a los residentes y arrendatarios, fortaleciendo la rentabilidad del proyecto y aumentando la competitividad del desarrollo inmobiliario. (Redacción Semana, 2023)

Al certificar las edificaciones con EDGE, fortalece el valor financiero de los inmuebles al destacar su eficiencia en el uso de energía y recursos. Esto no solo justifica precios más altos en la venta o arriendo, sino que también impulsa la confianza de los inversionistas interesados y hace que los proyectos sean más atractivos con estándares ambientales. (Redacción Semana, 2023)

La implementación de prácticas sostenibles refuerza la imagen empresarial y se ajusta la evolución del mercado global hacia inversiones en construcciones ecológicas. En economías más desarrolladas, las edificaciones certificadas atraen mayor demanda y aumentan su valor. Para 3G Constructores, esa apuesta podría consolidar su liderazgo en Colombia e impulsar una nueva visión en el sector inmobiliario. (Redacción Semana, 2023)

Ámbar Roca y Ámbar Río representan una nueva generación de proyectos inmobiliarios sostenibles en Colombia, la integración de energías limpias no solo reduce el impacto ambiental y mejora la eficiencia operativa, sino también facilita el acceso a beneficios tributarios estratégicos, por esa razón 3G Constructores ha debido gestionar la certificación FNCE ante la UPME, lo que permite a la empresa se genera múltiples beneficios:

Esta certificación permite acceder a importantes incentivos fiscales. Una vez obtenida los proyectos de Ámbar Roca y Ámbar Río, pueden solicitar la exclusión del IVA en la compra de equipos y tecnología dentro del país, además pueden acceder a la exoneración arancelaria en la importación de componentes adquiridos en el extranjero. Asimismo, tiene derecho a solicitar la deducción del 50% de la inversión en su declaración de renta y aprovechar la depreciación acelerada, reduciendo su base gravable durante los primeros años de operación. Estos incentivos permiten que los proyectos de Ámbar Roca y Ámbar Río, logren minimizar los costos, mejorar su rentabilidad y acelerar el retorno de inversión, impulsando su crecimiento dentro del sector energético. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)

En definitiva, los beneficios tributarios y la creciente demanda por construcciones sostenibles han sido determinantes en la adopción de tecnologías limpias en los proyectos de Ámbar Roca y Ámbar Río.

Dentro de las principales barreras para acceder a estos beneficios se encuentran diversos obstáculos, entre ellos:

- Las tecnologías de paneles y turbinas eólicas requieren un capital considerable.
- Existe una escasa valorización en el mercado, ya que en Colombia los compradores no lo consideran prioritario, a diferencia de los mercados internacionales.
- Atención de certificaciones y beneficios fiscales pueden ser procesos administrativos extensos que retrasan el acceso a incentivos.
- La falta de financiamiento a créditos para infraestructura ecológica limita la inversión en infraestructura sostenible.

Para potenciar la inversión, incentivos y optimizar las políticas de apoyo, es necesario reforzar los incentivos y mejorar dichas, dentro de algunas áreas:

- Establecer una clasificación energética obligatoria para inmuebles, para que estos se valoricen en el mercado.
- Ampliar las opciones de crédito accesibles a tasas preferenciales para proyectos sostenibles.
- Agilizar los procesos administrativos como las certificaciones y acceso de incentivos.
- Informar a los compradores sobre las ventajas económicas y ambientales de la construcción sostenible.
- Incentivar a los compradores de inmueble sostenibles en relación con los impuestos prediales y otros beneficios adicionales.

Gracias a los beneficios tributarios establecidos en Colombia, 3G constructores correspondió a su estrategia de integrar criterios de sostenibilidad y eficiencia energética en sus

proyectos Ámbar Roca y Ámbar Río. Entre los beneficios se destacan la deducción del 50% del impuesto de la renta, la exención del IVA y aranceles para la adquisición de tecnologías limpias, lo que permitió reducir significativamente los costos de inversión, junto con la posibilidad de amortizar rápidamente sus activos, mejorando la viabilidad financiera y disminuyendo los riesgos asociados a la implementación de soluciones innovadoras. Esta puesta ha reforzado el liderazgo de la compañía en el sector de construcción sostenible, levantó el valor comercial de sus inmuebles y fortaleciendo la imagen corporativa frente al mercado.

En resumen, los proyectos Ámbar Roca y Ambar Río muestran que la adopción de energías limpias y tecnologías sostenibles redefine el modelo inmobiliario tradicional, logrando eficiencias operativas, mayor rentabilidad y un incremento en el valor comercial de los inmuebles. A partir de esta evidencia, se desarrollará el Análisis del caso, con el propósito de examinar de manera puntual el impacto de estas estrategias en su competitividad y desempeño empresarial.

Tabla 19.

Análisis del proyecto inmobiliario 3G Constructores, Ámbar Roca: Incentivos tributarios, efectos económicos y operativos de la implementación de energía renovable.

Caso 3: 3G CONSTRUCTORES - ÁMBAR ROCA / ÁMBAR RÍO (INMOBILIARIO SOSTENIBLE)	
Tecnologías:	Paneles solares en cubierta, turbina eólica (Ámbar Río), iluminación LED y consumo de agua, con certificación EDGE.
Incentivos:	IVA 0%, arancel 0%, deducción del 50% de la inversión en renta y depreciación acelerada.
Efecto operativo:	Menores costos de energía y agua y mayor valorización del activo gracias a las certificaciones ambientales.
Efecto económico:	Inversión inicial neta menor (sin IVA ni aranceles), escudo fiscal por la depreciación y la deducción del 50%, y mejor flujo de caja/liquidez en los primeros años.

Conclusión:	La combinación de incentivos y tecnologías solar-eólica viabiliza su adopción en vivienda, acorta el periodo de recuperación y aumenta el valor del proyecto, reforzando la decisión de invertir
-------------	--

Nota. *Elaboración propia (2025) con valores y relaciones supuestos de la autora para efectos del análisis académico.*

9.3. Caso 3: 3G Constructores, Ámbar Roca- Construcción Sostenible.

El proyecto inmobiliario Ámbar Roca, de la empresa 3G constructores en Santa Marta, integra diversas prácticas de sostenibilidad como el aprovechamiento de lluvias, sistemas de eficiencia energética con sensores de movimiento una planta eléctrica de respaldo y el uso de materiales con estándares ambientales. El proyecto avanza en su precertificación EDGE, lo que refleja su aporte ambiental y social.

A diferencia de otros casos estudiados, este proyecto no reporta datos financieros concretos, lo que impide realizar una proyección de ahorro tributario generado por las medidas de sostenibilidad.

Con la información detallada cómo sería viable aplicar la disposición de la ley 1715 del 2014 y la ley 2099 del 2021, como la deducción del 50%, la depreciación acelerada y la exclusión del IVA. En este caso, solo puede realizar un análisis cualitativo, destacando que la falta de información económica limita la cuantificación del impacto tributario, aunque no resta importancia la relevancia a la sostenibilidad en el sector de construcción.

Si bien los informes disponibles no presentan cifras precisas de la inversión, la existencia de los beneficios tributarios como la deducción del 50% de renta, la depreciación acelerada y la exoneración del IVA y aranceles contribuye a disminuir de forma considerable los costos iniciales de capital y a mejorar la rentabilidad financiera los proyectos. Estos beneficios se

reflejan en un aumento del valor presente, una tasa interna de retorno más alta y un periodo de recuperación más corto, pasando a ser viables proyectos con turbinas eólicas y paneles solares, aun cuando los costos de entrada suelen ser un obstáculo en el mercado inmobiliario. Gracias a este marco, 3G Constructores pudo apostar energía limpia al obtener certificaciones bajo el estándar EDGE, aumentando la valorización de sus inmuebles.

- **Empresa Colgate-Palmolive:** Fundada en 1806, es una de las principales compañías en la industria de productos para el cuidado personal, higiene bucal y limpieza del hogar. En Colombia opera desde el 1943, consolidando su presencia en el sector, por la comercialización de cremas dentales, jabones y detergentes. (Hernández & Deaza, 2021)

Ha mejorado sus procesos industriales en el consumo de energía y agua, minimizando desechos y garantizando mejores condiciones laborales. Más allá de cumplir las normativas ambientales, la empresa establece auditoria y autoevaluaciones periódicas que refuerzan su compromiso con la excelencia ambiental. (Colgate Palmolive, s.f.)

Las iniciativas sostenibles de Colgate- Palmolive han permitido una reducción significativa en los costos operativos. La optimización en el uso de energía agua y la gestión de recursos ha permitido una reducción del consumo energético del 31.8%, de las emisiones de CO₂ del 29.7%, del uso de agua en un 45.8% y desechos enviados a vertederos en un 41.3%, la empresa ha mejorado sus gastos en servicios públicos y manejo residuos. Asimismo, su iniciativa "El 5% para el planeta" garantiza inversiones en eficiencia en el uso de insumos, impulsando la rentabilidad y sostenibilidad a nivel global. (Colgate Palmolive, s.f.)

Las inversiones de Colgate-Palmolive en certificaciones y programas de sostenibilidad han logrado mejorar su rentabilidad y fortalecer su posicionamiento en el mercado. La certificación LEED (eficiencia energética en edificaciones) 100% TRUE enfocar la eliminación

de residuos, han facilitado el acceso a incentivos tributarios y reducir costos regulatorios. Su participación en el ENERGY STAR Challenger Ford industry en 70 ocasiones ha impulsado el ahorro de costos operativos y la eficiencia en sus instalaciones. (Colgate Palmolive, s.f.)

La adopción de estándares de seguridad y sostenibilidad en el entorno laboral ha permitido que la empresa disminuya el costo relacionado con accidentes laborales, alcanzando en el 2018 su menor tasa de incidentes en dos décadas. Además, su compromiso con los derechos humanos y laborales dentro de la cadena de suministro disminuye los riesgos legales y mejora la percepción y confianza de algunos grupos de interés. (Colgate Palmolive, s.f.)

La empresa también ha aprovechado la extensión de impuestos de importación y maquinaria especializada para proyectos sostenibles, como paneles solares y dispositivos de eficiencia energética, reduciendo los costos de adquisición de estos insumos.

La normativa colombiana permite que los activos asociados energías renovables y eficiente se deprecian en 5 años, lo que facilita a Colgate Palmolive la amortización más rápida de su inversión de tecnología sostenible. Este beneficio le ayudará a reducir su base gravable y mejorar el flujo de caja en los primeros años de operación. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.)

Los proyectos de mejoramiento ambiental certificados por la autoridad Nacional de licencias ambientales (ANLA), como la planta de tratamiento de aguas residuales en Cali, pueden acceder al descuento tributario el eso facilita la recuperación parcial de la inversión en infraestructura sostenible, a través de deducciones de impuesto de la renta. (Colgate-Palmolive, 2020)

Desarrollar programas de Colgate Palmolive enfrenta varios desafíos que dificultan la obtención de beneficios fiscales y la implementación de energía renovable.

- La opción de energías limpias y certificaciones puede ser costosa y lenta en recuperar.
- La regulación ambiental varía según el país y región lo que complica la planificación de inversiones sostenibles a largo plazo.
- Garantizar que los proveedores cumplan con criterios de sostenibilidad representa un reto que puede retrasar la implementación de una estrategia sostenible.
- En algunos mercados, la transición hacia energía limpia y certificaciones ambientales no reciben los suficientes beneficios tributarios, reduciendo el atractivo de esta inversión.

Para potenciar los beneficios de sostenibilidad, la empresa Colgate Palmolive, podría mejorar el aprovechamiento de incentivos y regulaciones considerando los siguientes factores:

- Establecer líneas de crédito y fondos especiales, dirigidas a compañías que inviertan energía renovable.
- Garantizar una normativa tributaria estable, reduciendo modificaciones inesperadas en los incentivos y mejorando la planificación empresarial.
- Impulsar la adopción de certificaciones ambientales como LEED y 100% TRUE a nivel internacional, incentivando la inversión en construcciones sostenibles.
- Crear mecanismos como bonos de carbono, que permitan convertir la disminución de emisiones en una fuente de ingresos.

En conclusión, el caso de Colgate-Palmolive evidencia que la adopción de tecnologías eficientes y prácticas sostenibles no solo optimiza su desempeño ambiental, sino que también incrementa su rentabilidad, competitividad y eficiencia operativa. Con base en estos hallazgos, se

desarrollará el Análisis del caso, con el fin de examinar de manera específica cómo estas iniciativas impactan su desempeño empresarial y la optimización de recursos

Tabla 20.

Análisis del Caso Colgate Palmolive: Incentivos tributarios, efectos económicos y operativos de la implementación de energía renovable.

Caso 4. COLGATE-PALMOLIVE	
Tecnologías:	Combinaron energía solar con acciones de eficiencia, logrando reducir el consumo de energía en 31,8%, las emisiones de CO ₂ en 29,7%, el uso de agua en 45,8% y los residuos en 41,3%. Estos resultados están respaldados por un sello de construcción sostenible, una certificación de cero residuos y varios reconocimientos oficiales de eficiencia energética de los gobiernos internacionales.
Incentivos:	Exclusión de IVA, exención arancelaria, deducción del 50% de la inversión en renta y depreciación acelerada, con posibles descuentos adicionales por proyectos ambientales.
Efecto operativo:	Reducción importante de costos de operación y menor exposición a riesgos/regulaciones.
Efecto económico:	Escudos fiscales por depreciación y deducción, menor base gravable y mejor liquidez/flujo de caja en los primeros años.
Conclusión:	La combinación de incentivos y ahorros operativos eleva la rentabilidad, acorta el periodo de recuperación y sustenta la decisión de ampliar y profundizar las medidas de eficiencia y renovables.

Nota. *Elaboración propia (2025) con base en información de Colgate Palmolive (s.f.), Hernández y Deaza (2021), y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (s.f.). Parte de los valores y relaciones supuestos de la autora para efectos del análisis académico.*

9.4. Caso 4 Colgate-Palmolive.

Sector: Productos de higiene personal, cuidado bucal y limpieza doméstica.

Acciones de sostenibilidad:

Disminución del 31,8% en el consumo de energía.

Reducción del 29,7% en emisiones de CO₂.

Ahorro del 45,8% en el uso de agua.

Reducción del 41,3% en residuos enviados a disposición final.

Certificaciones destacadas:

LEED, por eficiencia en edificios.

TRUE Zero Waste, en reducción de residuos.

ENERGY STAR, en eficiencia energética.

Proyectos en Colombia:

Planta de tratamiento de aguas residuales en Cali, con certificación ANLA.

Despliegue de proyectos de energía solar y optimización energética en la industria

El documento de sostenibilidad de Colgate Palmolive no detalla el monto invertido específicamente en energías renovables dentro de Colombia. Considerando reportes periodísticos que mencionan montos cercanos a cientos de miles de millones de pesos en la modernización de

la planta de Cali, se estima de manera hipotética una inversión de \$ 10.000.000.000 millones destinada a la proyección de eficiencia energética y energías limpias. Ese valor de referencia se emplea únicamente para ilustrar la aplicación de los incentivos tributarios contemplados en la ley 1715 al 2014 y la ley 2099 del 2021.

Escenario contable supuesto de ahorro tributario (bajo Ley 1715/2014 y Ley 2099/2021)

Supuestos básicos:

Monto de inversión estimado en proyectos de ER: \$ 10.000.000.000 millones.

Tasa de impuesto de renta: 35%.

Iva en la compra de equipos: 19%.

Vida útil contable estándar: 20 años.

Depreciación acelerada estimada: 5 años.

Beneficio de deducción del 50% en el impuesto de renta:

$10.000.000.000 \times 50\% = 5.000.000.000$ millones deducibles en 5 años

$$\frac{5.000.000.000}{5} = 1.000.000.000$$

Ahorro tributario: $1.000.000.000 \times 35\% = 350.000.000$

Depreciación acelerada frente a la normal.

Normal

$$\frac{10.000.000.000}{20} = 500.000.000$$

Acelerada:

$$\frac{10.000.000.000}{5} = 2.000.000.000$$

$$\text{Diferencia: } 2.000.000.000 - 500.000.000 = 1.500.000.000$$

$$\text{Ahorro tributario: } 1.500.000.000 \times 35\% = 525.000.000 \text{ al año}$$

Exclusión del IVA (70% equipos importados)

$$10.000.000.000 \times 70\% \times 19\% = 1.330.000.000$$

Resultado estimado de primer año:

$$\text{Deducción en renta: } 350.000.000$$

$$\text{Depreciación acelerada: } 525.000.000$$

$$\text{Exclusión IVA: } 1.330.000.000$$

Total de ahorro tributario proyectado:

$$350.000.000 + 525.000.000 + 1.330.000.000 = 2.205.000.000$$

Porcentaje de inversión:

$$\frac{2.205.000.000}{10.000.000.000} \times 100 = 22,05\%$$

Nota. *Los cálculos y análisis son elaboración propia que fueron supuestos de la autora para efectos del análisis académico.*

El análisis comparativo de la depreciación ordinaria frente a la acelerada evidencia el impacto de los incentivos tributarios en la viabilidad del proyecto. Bajo el esquema tradicional (20 años), la recuperación fiscal de los activos hubiera sido más lenta, limitando los beneficios en los primeros ejercicios. Sin embargo, la aplicación de la depreciación acelerada en 5 años permitió un ahorro anual aproximado de 525 millones de pesos, reduciendo significativamente la

base gravable en la etapa inicial. Este resultado se traduce en un ahorro total equivalente al 22,05 % de la inversión inicial durante el primer año, lo que confirma que la política tributaria vigente no solo favorece liquidez y el flujo de caja de la compañía, sino que también actúa como un catalizador que respalda la decisión de invertir en tecnologías limpias con mayor seguridad financiera.

Tabla 21.

Análisis comparativo del escenario con y sin incentivos tributarios para proyectos de energías renovables.

Escenario	Inversión inicial estimada	Exclusión de IVA	Ahorro tributario anual por beneficios fiscales	Beneficio tributario total primer año	% de ahorro sobre la inversión inicial
Sin incentivos	10.000.000.000	0	0	0	0%
Con incentivos	10.000.000.000	1.330.000.000	875.000.000	2.205.000.000	22%

Nota. *Elaboración propia (2025) de valores supuestos de la autora para efectos del análisis académico.*

La aplicación de los beneficios fiscales le representó a Colgate un ahorro equivalente al 22% de la inversión inicial, reduciendo el plazo de recuperación de 7 a 4 años. Este resultado fortaleció la liquidez de la compañía y confirma que la adopción de energías renovables constituye una decisión empresarial rentable y ambientalmente responsable.

Tabla 22.

Análisis de rentabilidad del proyecto de energías renovables de Colgate Palmolive, considerando los incentivos tributarios.

Concepto	Detalle
Inversión inicial	\$10.000 millones
Ahorro operativo anual	\$1.400 millones
Ahorro tributario año 1	\$2.205 millones
Inversión neta con incentivo	$\$10.000 - \$2.205 = \$7.795$ millones
Flujo anual con incentivos	$\$1.400 + \$525 = \$1.925$ millones
Periodo de recuperación, sin incentivos	$\$1.000 / \$1.400 = 7,14$ años
Periodo de recuperación, con incentivos	$\$7.795 / \$1.925 = 4,05$ años
ROI sin incentivos	$\$1.400 / \$10.000 = 14\%$
ROI con incentivos	$\$1.925 / 7.795 = 24,7\%$
VAN con $r = 10\%$	$1.925 \times 6,1446 - 7.795 = \$11.828,4 - 7.795 = + 4.033,4$ Millones, positivo
TIR (prueba 20%)	$= \frac{1 - (1 + 0,20)^{-10}}{0,20} = 4,192$ $1.925 \times 4,192 - 7.795 = +0.272$ Millones, Positivo
TIR (prueba 21%)	$= \frac{1 - (1 + 0,21)^{-10}}{0,21} = 3,994$ $1.925 \times 3,985 - 7.795 = - 106,55$ Millones, negativo

TIR	El valor de la TIR se estimó por calculo intermedio entre 20% (VAN positivo) y 21% (VAN negativo)
-----	---

Nota: *Elaboración propia (2025) con base a supuestos de la autora para efectos del análisis académico.*

Formula aplicada (r=10%, n=10)

$$VAN = FC \times \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_0$$

$$= \frac{1 - (1 + 0,10)^{-10}}{0,10} = 6,1446$$

Resultado de una VAN positiva junto con una TIR aproximada del 20,5% confirma la rentabilidad financiera del proyecto de eficiencia energética y energía solar en Cali. Desde la óptica empresarial, esto evidencia que la inversión se sustentó en el compromiso ambiental de Colgate, respondiendo tanto a su responsabilidad mental como a los beneficios fiscales, que disminuyeron la exposición al riesgo y respaldaron la orientación sostenible de la compañía.

En el marco del sistema tributario colombiano, los beneficios tributarios estimados alcanzarían más del 20% de la inversión inicial durante el primer año, generando una mejora significativa en liquidez, flujo de caja y rentabilidad.

En el caso proyectado de Colgate - Palmolive, la aplicación de incentivos establecidos de la ley 1715 del 2014 y la ley 2099 del 2021 permitió alcanzar un ahorro aproximado del 22% de la inversión inicial durante el primer año, al aplicar la deducción del 50% en renta como la depreciación acelerada y la exclusión del IVA. Este ahorro fortaleció la liquidez y flujos de efectivos más sólidos en la etapa inicial, generando impactos positivos en los principales indicadores financieros: incremento del valor presente neto, una tasa interna de retorno superior

al promedio del sector y una reducción del periodo de recuperación. Con ello, la decisión de invertir en eficiencia energética y energías renovables se sustentó tanto en razones ambientales como en rentabilidad fiscal y financiera derivada de incentivos.

En conclusión, los beneficios tributarios vigentes en Colombia para proyectos de energía renovables resultan determinantes, porque representan un ahorro en impuestos y también influyen directamente en el análisis financiero de proyectos. A reducir el desembolso inicial y optimizar los flujos de efectivo, se generan mejoras en indicadores como el TIR, el VAN y el ROI, además de un periodo de recuperación más corto. Estos indicadores se convierten en factores claves para la aprobación de inversiones. De esta forma, los incentivos no son únicamente un mecanismo de ahorro económico, sino también una herramienta que guía directamente las decisiones estratégicas de inversión en el ámbito corporativo colombiano.

Tabla 23.

Comparativo de los casos empresariales: impacto de los incentivos tributarios en la rentabilidad y toma de decisiones sobre energías renovables.

Empresa	Tecnología Implementada	Inversión inicial estimada	Beneficios tributarios aplicados	Ahorro tributario en el primer año	% del ahorro sobre la inversión inicial	Periodo de recuperación de la inversión, SIN INCENTIVOS	Periodo de recuperación de la inversión, CON INCENTIVOS	Impacto en la rentabilidad sobre la inversión (ROI), la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VAN).	Influencia en la toma de decisiones empresariales.
Alpina	Planta solar y sistema de biogás en Sopó	\$9.917.517.530	Exclusión del impuesto al valor agregado (IVA), deducción del 50% de la inversión en el impuesto de renta y depreciación acelerada	\$2.186.812.615	22,05%	6,2 años	3,6 años.	Se obtuvo un VAN positivo y una TIR mayor al costo de capital, lo que confirma que el proyecto es rentable y financieramente atractivo.	La aplicación de incentivos tributarios fortaleció la liquidez y mejoró los flujos de caja en lo que lo hizo viable y atractiva la decisión de invertir en energías renovables a gran escala.
Centro Comercial Paseo Villa del Río	Sistema fotovoltaico de 382 kWp	\$1.000.000.000 (estimado)	Exclusión de IVA, exoneración de aranceles, deducción del 50% de	Aproximadamente \$185.500.000	Aproximadamente 18,6%	3,4 años	2,4 años	El retorno sobre la inversión (ROI) paso de 29% al 42%, lo que	Los incentivos tributarios y la reducción de costos energéticos acortaron el

			la inversión en renta y depreciación acelerada.					equivale a un aumento relativo cercano al 45% respecto al ROI inicial.	periodo de recuperación y reforzaron la decisión empresarial de implementar energía solar como estrategia sostenible y rentable.
Colgate-Palmolive	Proyectos de eficiencia energética y energía solar en la planta de Cali	\$10.000.000.000 (estimado)	Exclusión de IVA, deducción del 50% de la inversión en el impuesto de renta y depreciación acelerada.	\$2.205.000.000	Aproximadamente 22%	7 años	4,05 años	Valor presente positivo, tasa interna de retorno estimada por encima del 20,5 %	El acceso a beneficios fiscales fue determinante para aprobar la inversión en eficiencia energética, ya que redujo el riesgo financiero, aumento la rentabilidad y respaldo la estrategia corporativa de sostenibilidad.

Nota: *Elaboración propia (2025) a partir del análisis de los casos empresariales desarrollados en los apartados anteriores, con base a supuestos de la autora para efectos del análisis académico.*

10. Conclusiones.

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y un diseño documental, con el propósito de estudiar el impacto ambiental y los beneficios tributarios asociados a la implementación de energías renovables en el sector empresarial colombiano.

Para ello, se realizó una revisión de fuentes secundarias, entre ellas normativa vigente, literatura académica y documentos institucionales, que permitieron comprender el contexto normativo, ambiental y financiero que enmarca la transición energética en el país.

A partir de este análisis, la investigación examinó los tipos de energías renovables más aplicables al sector empresarial, el marco legal que regula y promueve su adopción, así como los incentivos tributarios disponibles y su incidencia en la rentabilidad, sostenibilidad y toma de decisiones empresariales, especialmente en empresas grandes y PYMES. De esta manera, el estudio busca aportar elementos de análisis relevantes para la contaduría pública, al integrar los ámbitos ambiental, fiscal y contable en el contexto de la sostenibilidad empresarial.

En este contexto, la presente investigación se concluye que, en relación con el Objetivo 1, la energía solar fotovoltaica se consolida como la alternativa más viable para el sector empresarial colombiano, debido a su amplia disponibilidad en el territorio nacional, su carácter modular y la tendencia decreciente de sus costos de implementación. Los resultados del análisis evidencian que esta tecnología contribuye de manera significativa a la reducción de emisiones contaminantes y al mejoramiento del desempeño ambiental corporativo. No obstante, la investigación también identifica impactos secundarios asociados a los procesos de fabricación, los insumos utilizados y la gestión de residuos al final de su vida útil, los cuales requieren una adecuada planificación y la adopción de estrategias de manejo sostenible. En conjunto, se

concluye que su aplicación presenta un alto potencial para optimizar la eficiencia energética y apoyar la transición hacia modelos productivos más limpios en empresas grandes y PYMES.

De manera complementaria, respecto al Objetivo 2, la presente investigación concluye que el marco normativo colombiano, encabezado por la Ley 1715 de 2014, la Ley 2099 de 2021 y sus disposiciones complementarias, constituye un soporte jurídico relevante para la implementación de energías renovables en el sector empresarial. El análisis documental permite evidenciar que estas normas establecen procedimientos de certificación, lineamientos técnicos y políticas orientadas a la diversificación de la matriz energética, la eficiencia en el consumo y el fortalecimiento de la investigación aplicada, incluyendo iniciativas como el desarrollo del hidrógeno verde y la integración de energías renovables al sistema eléctrico nacional. Sin embargo, la investigación también concluye que persisten retos de carácter administrativo, de articulación institucional y de difusión de estos instrumentos, especialmente hacia las PYMES, lo que limita su acceso efectivo a los beneficios normativos y su participación en la transición energética.

Finalmente, en relación con el Objetivo 3, la presente investigación concluye que los beneficios tributarios establecidos en la normativa vigente, tales como la deducción del impuesto sobre la renta, la exclusión del IVA, la exención arancelaria y la depreciación acelerada, desempeñan un papel determinante en la mejora de la rentabilidad y la sostenibilidad financiera de los proyectos de energías renovables. El estudio evidencia que, cuando las empresas cumplen con los procedimientos de certificación ante la UPME y aplican correctamente estos incentivos conforme a los lineamientos sectoriales, los proyectos se tornan más atractivos desde el punto de vista económico y fortalecen la toma de decisiones empresariales orientadas a la sostenibilidad. En el caso de las PYMES, la investigación concluye que estos incentivos pueden viabilizar la

adopción de tecnologías como la energía solar fotovoltaica, siempre que exista una adecuada planeación técnica, optimización del consumo energético y un uso eficiente de los sistemas de autogeneración y medición inteligente.

11. Recomendaciones.

Según los hallazgos de la investigación, se propone que las empresas grandes y pymes realicen diagnósticos y auditorías energéticas orientadas a identificar oportunidades de ahorro, mejorar la eficiencia en el uso de recursos e implementar proyectos de energías renovables bajo una planificación estructurada. Es indispensable que estos procesos se apoyen en un plan contable y tributario, alineado con los beneficios fiscales establecidos en la ley 1715 del 2014 y la ley 2099 del 2021 lo cual permitirá el manejo correcto de la depreciación acelerada y de las deducciones de inversión en los registros financieros. Adicionalmente, se recomienda establecer sistemas de monitoreo energético y ambiental con indicadores de desempeño en consumo, emisiones y ahorro, de manera que la información generada sirva como base técnica para la toma de decisiones estratégicas y la evaluación continua de los impactos.

Desde el ámbito profesional, los contadores públicos deben fortalecer sus conocimientos en contabilidad ambiental, gestión fiscal y tributación verde, a fin de brindar asesoría efectiva sobre la correcta utilización de los beneficios tributarios y la medición del desempeño económico y sostenible de las iniciativas energéticas. La formación continua en estas áreas se considera como un elemento esencial para integrar la contabilidad con los valores de sostenibilidad y responsabilidad social empresarial.

Por otra parte, las entidades gubernamentales deberían simplificar los trámites administrativos vinculados con la certificación de proyectos ante la UPME y la gestión de beneficios tributarios, a fin de garantizar una mayor participación de las pequeñas y medianas empresas en estas iniciativas. De igual forma, es recomendable ampliar los programas de formación y asistencia técnica, así como potenciar mecanismos de financiamiento verde,

incluyendo líneas de crédito preferencial, programas de apoyo financiero o modalidades de leasing sostenible, que incentive la inversión empresarial en energías limpias.

Finalmente, la academia de gremios contables debe continuar promoviendo la capacitación permanente y la investigación aplicada en temas vinculados con la energía renovable, la sostenibilidad y la tributación verde, de modo que se fortalezca la formación técnica y ética de los futuros contadores públicos. La creación de bases de datos y repositorios de casos empresariales exitosos sobre la implementación energética en el país contribuirá a generar un referente práctico que impulse el avance del conocimiento y la toma de decisiones estratégicas en materia de sostenibilidad corporativa.

12. Referencias

Alpina. (2023). *Informe de Sostenibilidad 2023*.

Ambiente Solar. (2023). *Ambiente Solar Energía Renovable*. Beneficios fiscales y económicos de los paneles solares en Barranquilla y el resto de Colombia:
<https://ambientesolar.com.co/paneles-solares-barranquilla>

Andrade Navia, J. M., & Olaya Amaya, A. (2023). Impactos ambientales asociados a las hidroeléctricas en Colombia. *Revista de Investigación Agraria Ambiental*, 14(2), 217-250.

Austria, A., & González, D. (2022). *Dialogue Earth*. ¿Qué tan viables son las grandes hidroeléctricas en Colombia?: <https://dialogue.earth/es/energia/54322-que-tan-viables-son-las-grandes-hidroelectricas-en-colombia>

Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación: Serie integral por competencias*. México: Grupo editorial Patria.

Bancóldex. (2023). *Línea eficiencia energética y energía renovable: BID – Bancóldex*.

BBVA, Sostenibilidad . (2023). *BBVA*. ¿Qué es la energía mareomotriz y cómo se puede obtener?: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-mareomotriz-y-como-se-puede-obtener/>

- Caballero, A. (2025). *Climate Consulting by Selectra*. Energías renovables: ¿Qué son y para qué sirven?: <https://climate.selectra.com/es/que-es/energias-renovables>
- Cabra, A. L. (2023). *Radio Nacional de Colombia*. La energía fotovoltaica y su potencial uso en Colombia: <https://www.radionacional.co/actualidad/medio-ambiente/uso-de-energia-fotovoltaica-en-colombia>
- Cabrera Patiño, W. (2023). *Impacto TIC*.
<https://impactotic.co/innovacion/sostenibilidad/energias-renovables-en-colombia>
- Cardona, Z. N., & Marin, C. D. (2019). Impacto financiero de los tributos verdes en el Valle del Cauca como alternativa fiscal en el fortalecimiento de las finanzas públicas municipales, Caso de estudio: Palmira Valle. Palmira, Valle.
- Castaño, Gómez, M., García, & Rendón, J. J. (2020). Análisis de los incentivos económicos en la capacidad. *Lecturas de Economía*, pág. 42.
- Centro comercial Paseo Villa del Río. (2025). *Informe Asamblea Ordinaria de Copropietarios*.
- Colgate Palmolive. (s.f.). *Colgate Palmolive*. Productos elaborados de forma responsable.:
<https://www.colgatepalmolive.com.mx/sustainability/our-sustainability-policies/responsibly-made>
- Colgate-Palmolive. (2020). *Colgate-Palmolive*. En nuestra planta de producción en Cali hemos tenido un potencial ahorro de agua de 54% comparado con 2020 vs. 2019:
<https://www.colgate.com/es-co/power-of-optimism>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2012). *DETERMINACIÓN DE INVERSIONES Y GASTOS DE ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LA*

ACTIVIDAD DE GENERACIÓN EN ZONAS NO INTERCONECTADAS UTILIZANDO RECURSOS RENOVABLES. Gestor Normativo CREG.

Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2021). *Gestor Normativo*.

https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0174_2021.htm

Compañía Nacional de Chocolates. (2021). Cambio Climático:

<https://chocolates.com.co/sostenibilidad/#:~:text=Contamos%20con%20el%20techo%20solar,tonelada%20producida%20emitidas%20en%20Colombia.>

Coordinación de Estudios Económicos. (2014). *Beneficios tributarios en el impuesto sobre la renta para la equidad CRRE y el impuesto de valor agregado (IVA)*. Dian.

Departamento Administrativo de Función Pública. (2015). *Función Pública: Decreto 2143 de 2015*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=64682>

Departamento Administrativo de Función Pública. (2021). *Función Pública*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166326>

Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. (2008). *Fundamentos para el uso de instrumentos fiscales en la política ambiental: Una aproximación al caso colombiano*.

<https://www.dian.gov.co>

Dirección General de Comunicación, Diplomacia Pública y Redes. (2023). *Oficina de Información Diplomática, Ficha del País Colombia*.

EcoGox. (2023). *Certificación y registro de energía renovable*.

Ecopetrol. (2023). *Ecopetrol*. EDF Colombia y Refocosta construirán planta de biomasa para suministrar energía eléctrica al Grupo Ecopetrol: <https://www.ecopetrol.com.co>

Endesa. (2021). *Endesa*. Energía geotérmica: descubre qué es y cómo funciona:

<https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/energia-geotermica>

Endesa. (2022). *Endesa*. Energía de biomasa: qué es, cómo funciona y sus ventajas:

<https://www.endesa.com/es/la-cara-e/centrales-electricas/energia-biomasa>

Endesa Energía. (2021). *Endesa Energía, Endesa S.A.* Energía hidráulica: qué es, cómo funciona

y sus ventajas: <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/energia-hidraulica>

Enel. (17 de junio de 2022). Energía eólica, todo lo que debes saber:

<https://www.enel.com.co/es/historias/a202206-energia-eolica-una-fuente-renovable.html>

Enel X. (2023). *Energía fotovoltaica: ¿qué debería tener en cuenta tu empresa?* Enel x:

<https://www.enelx.com/co/es/historias/energia-fotovoltaica-para-tu-empresa>

Energía Cooperativa. (2023). <https://www2.energia.coop/colombia/sector-de-energico>

Estudio Legal Hernández & Asociados. (2024). *Estudio Legal Hernández*. Incentivos Tributarios

Energías Renovables en Colombia: <https://estudiolegalthernandez.com/wp-content/uploads/2024/04/INCENTIVOS-TRIBUTARIOS-ENERGI%CC%81AS-RENOVABLES-COLOMBIA-2024.pdf>

Evolusun Generación Eficiente. (9 de julio de 2023). Los paneles solares y el medio ambiente:

<https://www.evolusun.cl/los-paneles-solares-y-el-medio-ambiente/>

Fundación ECSIM. (2023). *Registro y Emisión de certificados de energía renovable I-REC*.

<https://www.fundacionecsim.org/i-rec/>

Geinor. (9 de enero de 2023). Energía fotovoltaica: <https://www.geinor.com/energia-fotovoltaica/>

Gestor Normativo CREG. (2020).

https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_upme_0203_2020.htm

Gil, H. (2024). *hibridos y electricos*. Biomasa: Energía Renovable que Contribuye a la Economía

Circular y Sostenible: https://www.hibridosyelectricos.com/s/que-es-energia-biomasa-caracteristicas-ventajas-principales_71322_102.html

Gil, H. (2024). *hibridos y Electricos*. Energía hidroeléctrica: una fuente sostenible con ventajas y

desventajas ambientales: https://www.hibridosyelectricos.com/s/que-es-energia-hidroelectrica-caracteristicas-ventajas-principales_71320_102.html

GreenYellow. (2023). *GreenYellow*. Luz verde a la sostenibilidad: GreenYellow y el centro

comercial Paseo Villa del Río lanzan proyecto solar de autogeneración:

<https://greenyellow.co/luz-verde-a-la-sostenibilidad-greenyellow-y-el-centro-comercial-paseo-villa-del-rio-lanzan-proyecto-solar-de-autogeneracion/>

Grupo Nutresa. (2024). Grupo de Alimentos y Negocios:

<https://gruponutresa.com/negocios/grupos-de-alimentos-y-negocios-carnicos/>

Guerra, M., Montaña, J. C., & Ascanio, N. J. (2021). Implementación de energías renovables

como garantía al derecho fundamental a un ambiente sano en Colombia. *Revista CES Derecho*, 12.

Hernández, D. A., & Deaza, L. M. (2021). *Propuesta de implementación de indicadores de*

gesitón y desempeño (KPI) a las estrategias de transición de distribuidores del CDT de Colgate Palmolive Company.

Hernández, L. A. (1994). Importancia energética y ambiental de la Biomasa en Colombia.

Agronomía Colombiana, XI N°2, 228-235.

Hernández, R., Fernández, C., & Bautista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México:

Mc Graw Hil.

ICONTEC. (2021). *Conoce el nuevo sello de energía renovable*. [https://www.icontec.org/nuevo-](https://www.icontec.org/nuevo-sello-de-energia-renovable/)

[sello-de-energia-renovable/](https://www.icontec.org/nuevo-sello-de-energia-renovable/)

Idarraga, E. D., & Hernández, V. (2022). Beneficios Tributarios en Ciencia, Tecnología e

Innovación en Colombia para Mipymes. Santiago de Cali.

International Finance Corporation. (2015). *Guías sobre Medio Ambiente, Salud y Seguridad para*

la Energía Eólica. International Finance Corporation, Grupo del Banco Mundial.

Jefatura de Inteligencia de Negocios- Coordinación de Inteligencia Externa. (2025). *LA MATRIZ*

ENERGÉTICA COLOMBIANA. FINDETER.

Jordonez. (2021). *Latam Green* . Paseo Villa del Río, un centro comercial con infraestructura

sostenible: <https://latam-green.com/centro-comercial-con-infraestructura-sostenible/>

La República. (29 de abril de 2024). *La República*. En 2040, los proyectos eólicos costa afuera

generarán 5,1 GW, 2 GW más del objetivo:

[https://www.larepublica.co/especiales/acelerando-la-transicion-energetica/cuantos-](https://www.larepublica.co/especiales/acelerando-la-transicion-energetica/cuantos-proyectos-de-energia-eolica-hay-en-colombia)

[proyectos-de-energia-eolica-hay-en-colombia](https://www.larepublica.co/especiales/acelerando-la-transicion-energetica/cuantos-proyectos-de-energia-eolica-hay-en-colombia)

La Unidad de Planeación Minero Energética. (2023). *Actualización Plan Energético Nacional*

(PEN) 2022-2052. Bogota.

- Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA. (30 de enero de 2024). *Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA*. <https://climate.nasa.gov/faq/70/que-es-el-efecto-invernadero/>
- Licitaciones Colombia. (2023). *Cómo licitar con el Estado en Colombia*. Licitaciones Colombia: <https://www.licitacionescolombia.co>
- López Palacio, J., & Ortiz Gonzáles, J. A. (2025). *Energía Geotérmica: historia, potencial y perspectivas para la transición*. Central Hidroeléctrica de Caldas.
- López, A. (2021). *Portafolio Negocios*. Renovables: las seis empresas que ya reinan en el negocio: https://www.portafolio.co/negocios/empresas/renovables-las-seis-empresas-que-ya-reinan-en-el-negocio-555323?utm_source
- López, A. (21 de enero de 2022). *Portafolio*. Empieza a funcionar Guajira 1: así es este nuevo parque eólico: <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/guajira-1-empieza-a-funcionar-este-nuevo-parque-eolico-560814>
- López, G., Buriticá, C., & Silva, E. (2018). *La biomasa residual pecuaria como recurso energético en Colombia*. Universal Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá: Visión Electrónica.
- MAPFRE. (2020). *MAPFRE - Actualidad Sostenibilidad*. <https://www.mapfre.com/actualidad/sostenibilidad/impacto-ambiental/>
- Marzolf, N. C. (2014). *Emprendimiento de la Energía Geotérmica en Colombia*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Más Colombia. (2022). <https://mascolombia.com/energias-renovables-estos-son-los-beneficios-tributarios/>

McGrath, A., & Jonker, A. (2024). *Ibm.* ¿Qué es la energía hidroeléctrica?: <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/hydropower>

Melé, D. (2007). Responsabilidad social de la empresa: una revisión crítica a las principales teorías. 67.

Méndez Alvares, C. E. (1995). *Metodología Guia para Elaborar Diseños de Investigación en Ciencias Económicas, Contables y Administrativas*. Bogota: A W- HILL INTERAMERICANA, S.A.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Exención arancelaria para la importación de equipos destinados exclusivamente proyectos de FNCE.: <https://beneficios-tributarios.minambiente.gov.co/exencion-arancelaria-para-la-importacion-de-equipos-destinados-exclusivamente-proyectos-de-fnce/#:~:text=Colombia%2C%20sea%20la%20importaci%C3%B3n>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. ¿Qué son los beneficios tributarios por inversiones FNCE y Eficiencia Energética?: <https://beneficios-tributarios.minambiente.gov.co/beneficios-tributarios-por-inversiones-fnce-y-eficiencia-energetica/#:~:text=1,la%20importaci%C3%B3n%20de%20equipos%20destinados>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Normativa Ambiental Documentos de Apoyo:

<https://www.minambiente.gov.co/lideres-ambientales/normativa-ambiental/>

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (21 de abril de 2023). *Ministerio de Comercio, Industria y Turismo*. <https://www.mincit.gov.co/prensa/foto-noticias/microempresas-fortalecen-el-tejido-empresarial>

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2020). *Función Pública*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=127884>

Ministerio de Minas y Energía. (2018). *Gestor Normativo*.

https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40791_2018.htm

Ministerio de Minas y Energía. (2024). *Potencial energético subnacional y oportunidades de descarbonización*.

Ministerio de Minas y Energía. (2025). *Gobierno Nacional otorga permiso de exploración geotérmica a Ecopetrol en Azufral, Nariño: una apuesta estratégica por la transición energética del suroccidente colombiano*. Minenergía:

<https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/gobierno-nacional-otorga-permiso-de-exploracion-geotermica-a-ecopetrol-en-azufral-narino-una-apuesta-estrategica-por-la-transicion-energetica-del-suroccidente-colombiano/?utm>

Ministerio de Minas y Energía, UPME. (2019). *Guía práctica para la aplicación de los incentivos*.

Mint Rethinking the Future. (8 de febrero de 2021). El impacto ambiental de la energía eólica:

<https://mintforpeople.com/noticias/impacto-ambiental-de-la-energia-eolica/>

Morales, D. (10 de julio de 2024). *Portafolio*. Proyecto eólico de AES planea poner energía en el

sistema y analiza hidrógeno verde: <https://www.portafolio.co/energia/jemeiwaa-ka-i-de-aes-pondria-1-gigavatio-eolico-en-la-guajira-y-planea-hidrogeno-verde-608502>

Moreno, J. A. (2017). Incentivos tributarios. *Revista de Derecho Fiscal*.

Mouthón, L. (17 de Junio de 2021). *El Heraldo*. En Colombia se desarrollan pilotos de

generación de energía con geotermia: <https://www.elheraldo.co/economia/2021/06/17/en-colombia-se-desarrollan-pilotos-de-generacion-de-energia-con-geotermia/>

Musgrave, R. A., & Musgrave, P. B. (1992). *Hacienda Publica Teórica y Aplicada*. Chile: McGraw-Hill.

Neill, S., Haas, K., Thiébot, J., & Yang, Z. (2021). A review of tidal energy—Resource, feedbacks, and environmental interactions. (A. Publishing, Ed.) *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 13(6).

Noroño, J., Gómez, S., Vélchez, R., & Núñez, M. (2023). Energías renovables y dinámicas laborales emergentes: desafíos para la transformación socioeconómica en Colombia. *Revista Venezolana de Gerencia*, pág. 17.

Notas y Noticias. (15 de enero de 2024). Viva, recibe por segundo año consecutivo la certificación Carbono Neutro por parte del ICONTEC:

<https://notasynoticiasenred.com/viva-recibe-por-segundo-ano-consecutivo-la-certificacion-carbono-neutro-por-parte-del-icontec/>

Nunez, C. (2022). *National Geographic*. ¿Qué es la energía hidroeléctrica?:

<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/energia-hidroelectrica>

Oficina de Comunicaciones - Facultad de Ingeniería Univalle. (2022). *Agencia de Noticias*

Univalle. Energía mareomotriz, un posible motor de desarrollo para la costa Pacífica:

<https://www.univalle.edu.co/ciencia-y-tecnologia/energia-mareomotriz-un-posible-motor-de-desarrollo-para-la-costa-pacifica>

Peersman, G. (2014). *Sinopsis: Métodos de Recolección y Análisis de Datos en la Evaluación de Impacto*. Italia : Centro de Investigaciones Innocenti de UNICEF.

Pereira, M., & Turizo, L. Á. (2020). Medidas para la implementación del uso racional y eficiente de la energía. Caso de las energías renovables en Colombia: Estado del Arte, avances y retos. *Revista Juridica*, 17, págs. 43-72.

Pérez, C. P., Rios, L. A., Duarte, C. S., Montaña, A., & García, C. (2023). *Revista Palmas*. *Aprovechamiento de la biomasa residual como fuente de energía*, págs. 65-82.

Pérez, M. (1 de marzo de 2023). *Cuerva Energia*. ¿Quieres conocer las ventajas y desventajas de la energía eólica? Un experto te lo cuenta:
<https://cuervaenergia.com/es/comunidad/sostenibilidad/cuales-son-las-ventajas-y-desventajas-de-la-energia-eolica/>

Pérez; Rodríguez, C. P., Rios, L. A., Duarte; González, C. S., Montaña, A., & García; Marroquín, C. (2023). Aprovechamiento de la biomasa residual como fuente de energía. 44, 65-82.

Quirama, U., Sepúlveda, J., Valle, L., Morelo, M., & Mosquera, C. (2022). *Beneficios económicos de la*.

- Ramírez, S. (2022). *Transición energética en Colombia, una visión hacia el departamento de la Guajira*. Universidad de Antioquia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/home>
- Red Iberoamericana de Biomasa y Bioenergía Rural. (2021). *Sistemas de Biomasa y Bioenergía: Casos ejemplares en Iberoamérica*. CYTED.
- Redacción National Geographic. (15 de noviembre de 2022). *National Geographic*.
<https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2022/11/que-son-las-energias-renovables>
- Redacción Semana. (2023). *Semana*. Ejemplo de sostenibilidad. Dos proyectos que le cambiarán la cara al sector de El Rodadero Sur, en Santa Marta: <https://www.semana.com/hablan-las-marcas/articulo/ejemplo-de-sostenibilidad-dos-proyectos-que-le-cambiaran-la-cara-al-sector-de-el-rodadero-sur-en-santa-marta/202302/>
- Repsol. (2023). *Repsol*. La energía del viento: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/energia-eolica/index.cshtml>
- Revista Semana. (2017). *Revista Semana*. Negocios Verdes, Los Secretos Ocultos de la Biomasa: <https://www.semana.com/negocios-verdes/articulo/la-biomasa-genera-energia-para-llevar-electricidad-a-zonas-apartadas/38697/>
- Reyes, J. d., Ríos, G., Domínguez, V., Rojas, T. d., & Alvarado, J. (2020). Propuesta para la implementación de energía renovable en las empresas y campamentos mineros desarrollada en el Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals*.

- Reyes, R., Hoyos, A., Cárdenas, M., & Buitrago, J. (2022). Análisis de Políticas Públicas para la adopción de Energías Renovables No Convencionales en Colombia. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 10.
- Robles, C., & Rodríguez, O. (30 de 04 de 2018). Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia. *Espacios*, pág. 16.
- Rodríguez, G., Alfaro, C., & Gonzáles, C. (2019). *Servicio Geológico Colombiano*. Bogota.
- Ropera, S. (2020). *Ecología Verde*. Energía biomasa: ventajas y desventajas:
<https://www.ecologiaverde.com/energia-biomasa-ventajas-y-desventajas-2803.html>
- Ropero , S. A. (2024). *Energía renovable en Colombia: resolver el trilema energético*.
 Departamento Nacional de Planeación:
<https://www.dnp.gov.co/publicaciones/Planeacion/Paginas/energia-renovable-en-colombia-resolver-el-trilema-energetico.aspx>
- Rueda, J. G., & Quintero, G. E. (2021). *Potencial de energía mareomotriz en la zona*. INGE CUC, vol. 17 no. 2.
- Ruiz, I. (2023). *Geinor Ingeniería de Servicios Energéticos*. Impacto ambiental de la Geotermia:
<https://www.geinor.com/impacto-ambiental-de-la-geotermia/>
- Sánchez Coria, A., & Romero Pereira, M. C. (2022). Impactos ambientales de sistemas de energía solar fotovoltaica: una revisión de análisis de ciclo de vida y otros estudios. *Revista EIA*, 19, 18.

Sandoval, Y. (2024). *Valora Analitik*. 3 beneficios tributarios para empresas que usen energías renovables en Colombia: <https://www.valoraanalitik.com/3-beneficios-tributarios-para-empresas-que-usen-energias-renovables-en-colombia>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (7 de octubre de 2018). *gob.mx*. ¿Qué es la energía de biomasa?: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/que-es-la-energia-de-biomasa?idiom=es>

Secretaria General del Senado. (2014).

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html

Secretaria General del Senado. (10 de julio de 2021).

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2099_2021.html

Semana. (8 de septiembre de 2019). El campus más sostenible de Colombia está en Cali:

<https://www.semana.com/la-universidad-autonoma-de-occidente-referente-en-sostenibilidad/630912/>

Shan, K., Zheng, Y., Cheng, W., Shan, Z., & Zhang, Y. (2025). Evaluation of Seismicity Induced by Geothermal Development Based on Artificial Neural Network. *Energies*, 18.

Solar Roots Photovoltaics Experts. (1 de marzo de 2022). ¿Cuál es el impacto ambiental de la energía solar?: <https://solarrootspr.com/impacto-medioambiental-energia-solar/>

Sostenible Sustentable. (27 de junio de 2023). ¿Qué es la Energía Geotérmica? Ventajas y Desventajas: <https://sostenibleosustentable.com/es/energia-renovable/que-es-energia-geotermica-ventajas-desventajas/>

Sposob, G. (2024). *Enciclopedia Humanidades*. Energía geotérmica:

<https://humanidades.com/energia-geotermica/>

Tamayo y Tamayo, M. (1990). *El Proceso de la Investigacion Cientifica*. Mexico: Limusa S.A de C.V.

Ubierna, M., Alberti, J., & Alarcón, A. (2020). Modernización de Centrales hidroeléctricas en América Latina y Caribe. *Banco Interamericano de Desarrollo*.

UPME. (2019). *PLAN ENERGÉTICO NACIONAL*.

UPME. (2020). <https://www1.upme.gov.co/normatividad/forms/allitems.aspx>

UPME. (2020). *Plan Energético Nacional 2020-2050: La transformación energética que habilita el desarrollo sostenible*. Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME).

UPME. (2023). *Hoja de Ruta del Hidrógeno*. Bogota.

UPME. (2023). *Taller pedagógico de incentivos tributarios*.

UPME. (2025). *Boletín Estadístico de Minas y Energía 2020 - 2024 SI*.

Vázquez, M. (2022). *Energía solar en Colombia*. bogota@comercio.mineco.es

Vega Araújo, J., Muñoz Cabré, M., & Gil, M. P. (2025). *Energía solar, eólica y comunidades energéticas en Colombia*. Stockholm Environment Institute (SEI).

Velandia, A. Y., & Aparicio, P. A. (2022). *Aportes de la contabilidad ambiental a la gestión sostenible empresarial en Colombia: una mirada desde las empresas industriales*.

Viladrich, M. (2004). Las principales aportaciones a la teoría de la regulación medioambiental. Los últimos cuarenta años. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 4, 41-62.

XM Administradores del Mercado Eléctrico. (28 de abril de 2025). *XM Comunicados*.

<https://www.xm.com.co/noticias/7831-en-el-primer-trimestre-del-2025-17-proyectos-nuevos-entraron-para-fortalecer-el>