

**Energías Renovables, una Alternativa para Ampliar Cobertura del Servicio  
Energético en Colombia**

Javier F Rincon

Director: Iván Sanabria

ECACEN, UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
UNAD

Especialización en gestión de proyectos

21 de septiembre 2020

## Tabla de Contenido

Resumen.....	6
Abstract.....	7
Introducción .....	8
Planteamiento del Problema.....	10
Objetivos .....	13
Objetivo General:.....	13
Objetivos Específicos: .....	13
Justificación .....	14
Marco referencial.....	19
Marco Conceptual.....	19
Aspectos Generales de la Energía.....	19
Marco Normativo.....	21
Disposiciones Legales Escenario Colombiano .....	21
Marco Metodológico .....	24
Tipo de Estudio y Diseño .....	24
Métodos y Técnicas de Recolección de Información .....	24
Marco Teórico .....	25
Capítulo 1 Sistemas Referentes de Cobertura Energética Renovables en Naciones Líderes a Nivel Global. ....	30

Capítulo 2 Análisis de Eficiencia en la Implementación de Sistemas Energéticos no Convencionales.....	40
Capítulo 3 Indicadores de Gestión y de Confiabilidad para la Implementación Eficiente de Sistemas Energéticos no Convencionales en Colombia.....	47
Conclusiones .....	56
Recomendaciones.....	58
Referencias.....	60

**Lista de Tablas**

Tabla 1 .....	21
Tabla 2 .....	30
Tabla 3 .....	37
Tabla 4 .....	39
Tabla 5 .....	46
Tabla 6 .....	46
Tabla 7 .....	47
Tabla 8 .....	48
Tabla 9 .....	49
Tabla 10.....	49
Tabla 11.....	50
Tabla 12.....	51
Tabla 13.....	52

## Lista de Figuras

Figura 1.....	15
Figura 2.....	16
Figura 3.....	18
Figura 4.....	31
Figura 5.....	36
Figura 6.....	38
Figura 7.....	42
Figura 8.....	43
Figura 9.....	44
Figura 10.....	44
Figura 11.....	45
Figura 12.....	48
Figura 13.....	53
Figura 14.....	54
Figura 15.....	55

## Resumen

Colombia hace parte de aquellos países a nivel mundial que cuentan con infinidad de recursos que le permiten ser una potencia en su implementación y desarrollo principalmente en energías fotovoltaicas, eólicas, biomasa, hidroeléctricas y geotérmicas, sin embargo, en la actualidad el 93% de la explotación y producción energética hace parte de recursos primarios de origen fósil, mientras que tan solo el 4% es de hidroeléctricas. Es por esto que, las energías renovables construyen una destacada alternativa en la obtención energética que permita obtener cobertura en toda la población. La presente monografía se centra en el análisis de las alternativas para la implementación de sistemas de energías renovables como aporte al aumento de cobertura del servicio energético en Colombia, desde la respectiva identificación de los sistemas de cobertura energética con el que cuentan los países que lideran la implementación de energías renovables, además de la descripción de los sistemas que poseen mayor adaptabilidad en su implementación, para ampliar la cobertura energética en pro del desarrollo sostenible de Colombia, con el fin de otorgar un aporte académico al campo energético desde alternativas en estos sistemas que contribuyan a su efectivo aprovechamiento en el país.

*Palabras Clave: abastecimiento de energía (987), desarrollo sostenible (7775), fuente de energía no renovable (9736), recursos energéticos (212), recursos renovables (14477)*

## Abstract

Colombia has a share in the countries worldwide that have a lot of resources that allow it to be a power in its implementation and development mainly in photovoltaic, wind, biomass, hydroelectric and geothermal energy, however, currently 93% of the exploitation and production of energy are part of the primary resources of fossil origin, while only 4% is hydroelectric. That is why renewable energies build an outstanding alternative in obtaining energy so that coverage can be obtained in the entire population. This monograph focuses on the analysis of the alternatives for the implementation of renewable energy systems, such as the increase in the coverage of the energy service in Colombia, from the respective identification of energy coverage systems in the leading countries. The implementation of renewable energies, in addition to the description of the systems that are best adapted to their implementation, to expand the coverage of energy in the sustainable development of Colombia. Contribute to your effective use in the country.

*Keywords:* energy resources (212), non-renewable energy source (9736), power supply (987), renewable resources (14477), sustainable development (7775),

## Introducción

La globalización ha traído consigo procesos de cambio significativo en los estilos de vida de la población. En la medida en que se ha logrado universalizar la economía y, en cierto modo, aspectos notables de la cultura, se han extendido también procesos tecnológicos que han logrado mejorar de forma significativa la calidad de vida de la población que tiene acceso a ellos. En este contexto, dicha globalización ha despertado de igual forma, una conciencia colectiva común alrededor de las implicaciones de los procesos de industrialización y producción de emisiones que, en el mediano y largo plazo, pueden tener consecuencias significativas para el desarrollo de la sociedad.

Esta nueva conciencia ambiental ha generado una ola de cambios en los estilos de vida de la población y, en concreto, en la forma de ver el mundo que los rodea. En este sentido, la inminencia del agotamiento de los recursos, ha despertado un notorio interés alrededor de fuentes renovables de energía que permitan no solamente optimizar los procesos de generación y distribución de electricidad, sino que propicien cambios positivos en el entorno en el que dichas actividades se desarrollan.

Las fuentes alternativas de generación no son nuevas. Son varias las décadas en las que se ha discutido el potencial de la energía solar y de la energía eólica para suplir la demanda insatisfecha de ciertos sectores de la población. No obstante, esta temprana familiaridad generó una concepción errónea de los beneficios de las mismas, masificando la percepción de que el costo de dichas alternativas es tan notoriamente alto que no puede compensar los beneficios que generan, reduciendo tanto el interés como la voluntad de la población en optar por alternativas ambientalmente sostenibles.

Los últimos años han permitido cambiar notoriamente dichas preconcepciones. Los avances en este campo han permitido una reducción significativa de los costos de producción

de la infraestructura requerida para la producción de energía limpia, haciendo que muchas naciones opten por una transición hacia ellas con el fin de reducir el impacto que una generación basada en combustibles fósiles tiene para su entorno. Colombia, si bien cuenta con un panorama socioeconómico bastante complejo, ha dado pasos significativos hacia la implementación de dichas energías, especialmente en las zonas del país fuera del rango del sistema interconectado nacional (las denominadas zonas no interconectadas). De igual forma, el establecimiento de programas piloto para la generación de energía eólica y solar ha dado resultados positivos lo que, en gran medida, ha contribuido a la proyección de nuevas zonas de generación que permitan retirar, de forma gradual, la dependencia de la generación hidroeléctrica en un país con condiciones climáticas tan particulares como este. Este documento presenta un análisis y evaluación de las actuales fuentes de energía renovables existentes, así como una evaluación de las alternativas más óptimas para las condiciones colombianas de modo que se garantice tanto una implementación exitosa como un modelo a seguir en futuros proyectos de generación basados en fuentes renovables de energía.

## Planteamiento del Problema

A nivel mundial, las energías renovables como los son, la energía solar, eólica, energía hidráulica, mareomotriz, energía biomasa y energía geotérmica, han sido observadas como una alternativa de solución a las graves consecuencias que traen consigo los gases de efecto invernadero a causa del uso de energías provenientes de los recursos fósiles, además de la necesaria diversificación de los suministros de energía. (EUROSTAT, 2018).

Según cifras se estima que un 20% de los acuíferos del planeta están sobreexplotados principalmente en países en vía de desarrollo, a su vez se prevee que la demanda mundial de extracción de agua aumente en un 55% para el año 2050 a causa de los excesivos usos de las industrias, como lo son las centrales termoeléctricas que usan los recursos naturales como el carbón, petróleo, gas natural y nucleares responsables de la producción mundial de electricidad en un 80%. (UNESCO, 2014, p.2).

Por lo cual, es de vital importancia que los gobiernos desarrollen estrategias claras de control ante el excesivo uso de materias primas para la demanda de energía convencional y así, evitar la desaparición de muchas especies y ecosistemas vitales, ya que ante la deforestación excesiva se genera un alto impacto en los acuíferos lo que podría provocar agotamiento en las fuentes hídricas incidiendo en el crecimiento del efecto invernadero, siendo necesario la implementación de acciones que generen la mitigación de la elevación de temperatura mundial y la baja optimización en la producción y uso energético para mitigar este impacto.

Las Naciones Unidas manifiestan que 768 millones de personas siguen sin acceso a fuentes de agua y 2.500 millones no poseen un adecuado acceso a los servicios públicos a nivel mundial. (UNICEF, 2013). Por su parte las carencias aún son evidentes en el panorama de la energía mundial, a pesar de que los procesos tecnológicos han avanzado

considerablemente ya que, aproximadamente 3.000 millones de personas aún utilizan combustibles contaminantes como leña o energía provenientes de biomasa para cocinar o generar calefacción en sus viviendas incidiendo en la contaminación del aire y en la salud de estas personas más aun en regiones rurales de países como Colombia. (BANCO MUNDIAL, 2018).

Según Robles y Rodríguez, (2018), en Latinoamérica se destaca un rápido crecimiento hacia el uso de las energías renovables debido a los altos precios de la electricidad convencional en gran parte de las regiones, su creciente demanda, y en el caso de Colombia un potencial de exportación a causa de su terreno fértil para el despliegue de tecnologías. Así mismo para el país el 6.5% corresponde a la proyección de generación eléctrica renovable para el 2020, debido a que presenta alto potencial en recursos para la generación en energía eólica, solar, biomasa, geotérmica y pequeñas centrales de energía hidráulica.

A nivel mundial, las energías renovables como los son, la energía solar, eólica, energía hidráulica, mareomotriz, energía biomasa y energía geotérmica, han sido observadas como una alternativa de solución a las graves consecuencias que traen consigo los gases de efecto invernadero a causa del uso de energías provenientes de los recursos fósiles, además de la necesaria diversificación de los suministros de energía. (EUROSTAT, 2018).

Es por esto que, se hace necesario crear por parte del estado y las instituciones responsables condiciones que proporcionen un alto desarrollo en la reducción de la huella de carbono en Colombia, con el fin de poder aumentar la cobertura de servicio energético en la población, dando un correcto aprovechamiento de los factores potenciales de sus regiones. (Robles & Rodríguez, 2018, p.7).

El país no cuenta con estructura de transmisión energética adecuada, carencia de políticas y regulación efectiva de los recursos, altos costos de mantenimiento en los sistemas, poco apoyo en la implementación de nuevas tecnologías a causa de la falta de inversión

privada y pública. De allí nace la iniciativa de generar un análisis que centre sus esfuerzos en el estudio de alternativas eficientes, que aporten en la implementación de las energías renovables para mejorar la cobertura del servicio energético de Colombia.

## Objetivos

### **Objetivo General:**

Analizar las diferentes plataformas y sistemas energéticos no convencionales potencialmente aplicables en Colombia, las cuales puedan aportar a la expansión en la cobertura de energía eléctrica en el país, teniendo en cuenta criterios de eficiencia, calidad y sostenibilidad medioambiental.

### **Objetivos Específicos:**

Identificar los sistemas de cobertura energética renovables por medio de la descripción de los esquemas de implementación de los países líderes en el uso de energías no convencionales.

Analizar las plataformas de sistemas energéticos no convencionales más eficientes por medio de un esquema comparativo teniendo en cuenta indicadores energéticos que permitan caracterizarlos estableciendo ventajas y desventajas de cada sistema.

Definir de manera concluyente por medio de indicadores de gestión y de confiabilidad que sistemas poseen mayor eficiencia (relación costo beneficio) y adaptabilidad en su implementación, que contribuyan en el aumento de cobertura de energía eléctrica en pro del desarrollo sostenible de Colombia.

## Justificación

Las Energías Renovables han sido consideradas a través de la historia como aquellas en las cuales se ha efectuado un mayor uso, anterior a la implementación de energías centradas en combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y la energía nuclear recientemente. Sin embargo, se ha logrado evidenciar como, un notable agotamiento de los recursos fósiles que ha provocado incluso afectaciones directas al medio, replanteándose de cierta manera alternativas de generación de energía que permitan un mayor equilibrio al medio ambiente. (Naranjo & Agudelo, 2017).

Colombia hace parte de aquellos países a nivel mundial que cuentan con infinidad de recursos que le permiten ser una potencia en su implementación y desarrollo, pero en la actualidad el 93% de la explotación y producción energética hace parte de recursos primarios de origen fósil, mientras que tan solo el 4% es de hidroeléctricas.

Esto se debe, a que en el país la energía renovable es muy competitiva a comparación de las energías alternativas como lo son el gas y el petróleo que son finitas, debido a que se hace necesario generar e impulsar políticas centradas en el uso de las energías limpias y así estas se conviertan en el activo más importante para suplir las necesidades energéticas de Colombia, más aun teniéndose en cuenta que la energía renovable es sostenibilidad a largo plazo, y que la materia prima no renovable en el uso de generación de energía eléctrica podría agotarse.

Además es de resaltar que, el estado ha generado avances cortos y no progresivos en la materialización de proyectos factibles vinculados al avance de tecnologías que garanticen el desarrollo, uso e implementación de sistemas energéticos no convencionales que aporten al avance del país, como lo fue la expedición de la ley 1715 del 2014, con el propósito de generar un mayor uso de energías renovables por medio de fuentes no convencionales con el fin, de

permitir una disminución considerable de emisiones de gases efecto invernadero y facilitar una mayor seguridad energética. (Pabón & Castillo, 2016).

**Figura 1.**

*Fuentes primarias de la energía eléctrica en Colombia. Fuente: El Espectador (2019)*



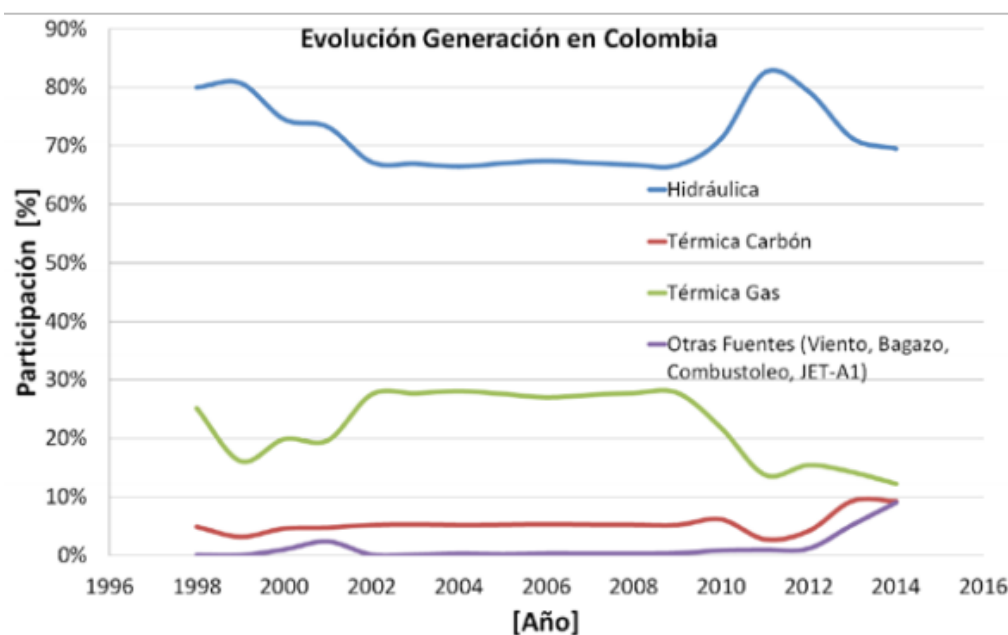
Actualmente, el 66% de la energía generada en el país es de naturaleza hidráulica (Figura 1). Los procesos de generación (y cogeneración) ocupan porcentajes significativamente reducidos en comparación a las necesidades nacionales, lo que limita el potencial de crecimiento de las fuentes renovables. En este contexto, el país cuenta con recursos ambientales que además son inagotables como lo son: el sol, el viento, los cuerpos de agua, y la vegetación de la estructura interna de la tierra. Es de resaltar que, la estadística de producción de energía primaria se da la fuerte riqueza hídrica que cuenta Colombia, lo que ha permitido que el gobierno haya generado esfuerzos debido a que, según la Unidad de Planeación Nacional Minero Energética (UPME) las energías renovables cubren cerca del 20% del consumo mundial de electricidad. (MINEDUCACIÓN, 2018).

Además de los evidentes beneficios ambientales y económicos que proporcionan el uso de energías renovables, dentro de los Objetivos del Nuevo Milenio centrados en la generación de un desarrollo sostenible para el país desde el Departamento Nacional de Planeación (DNP), se resalta la generación de energía asequible y no contaminante que proporcione desde nuevas alternativas una efectiva cobertura de estos servicios en toda la población, garantizando una sostenibilidad ambiental, social, económica y tecnológica. (DNP, 2017).

La figura 2 muestra la evolución de la generación de energía eléctrica en Colombia de acuerdo con su fuente. Si bien es evidente la dependencia actual del país en la energía hidráulica, debe resaltarse que desde el año 2012 se han incrementado gradualmente los proyectos de generación con fuentes no convencionales reduciéndose también, de forma parcial, las actividades de generación que usan gas como combustible base.

**Figura 2.**

*Histórico de Generación de Energía en Colombia. Fuente: (Ñustes & Rivera, 2017, p.37)*



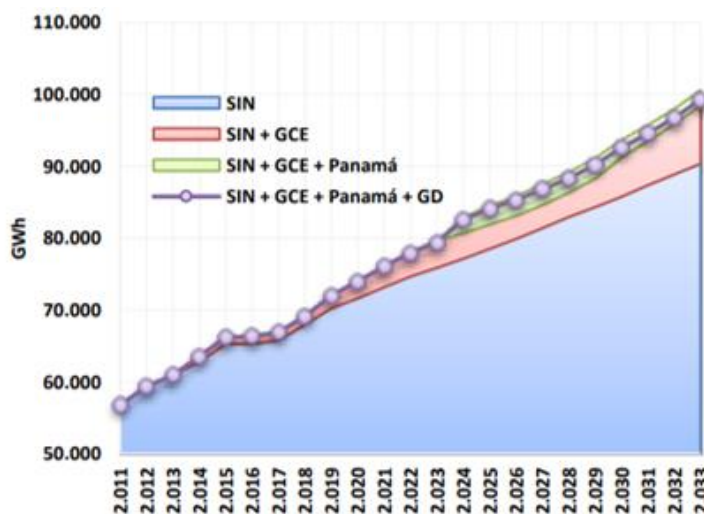
A pesar de que, Colombia se ha visto afectada en varias ocasiones por cambios ambientales causando un gran impacto de manera negativa en los niveles de embalses, incidiendo en el aumento de la demanda de consumo de energía en el país, es de vital importancia que las autoridades gubernamentales fomenten o implementen políticas para el uso adecuado de los recursos como lo son el agua, la preservación y el cuidado de las fuentes de producción como son los páramos, cuidado de afluentes, disposición final de residuos y uso adecuado de aguas residuales.

Por otro lado, se debe fomentar en el país el correcto uso de la energía incentivando en las comunidades y grandes industrias la innovación tecnológica o integración de sistemas que ayuden al uso eficiente de la energía eléctrica y ahorro como proyección de comunidades y ciudades ambientalmente sostenibles.

Paralelamente, las proyecciones de demanda de energía eléctrica realizadas por la UPME (Unidad de Planeación Minero-Energética) muestran un incremento creciente y constante de las necesidades energéticas de la nación (Figura 3). Dichas proyecciones se realizan tomando como base las proyecciones del SIN y añadiendo los GCE (Grandes Consumidores Energéticos), la GD (Generación Distribuida) y las exportaciones. En este contexto, es necesaria la evaluación de alternativas que permitan no solamente garantizar la independencia del país en fenómenos cada vez más recurrentes como las sequías y las olas invernales.

**Figura 3.**

*Proyección de la demanda de energía eléctrica (GWh). Fuente (UPME, 2019)*



Por ello, se hace necesario efectuar un exhaustivo análisis de a las variables que inciden en el uso de estas energías alternativas en el país, y cómo estas características medioambientales pueden posibilitar su efectiva utilización al punto de generar una amplia cobertura a la su población desde la entrega de servicios de calidad, a bajo costo y con la debida seguridad esencialmente, a aquellas regiones que geográficamente se encuentran apartadas lo que repercute en su aislamiento social y estatal, retrasando así el crecimiento y desarrollo de sus comunidades.

## **Marco referencial**

### **Marco Conceptual**

#### ***Aspectos Generales de la Energía***

##### **Concepto general de Energía.**

Bajo el concepto de la física, la energía se define como la propiedad que tiene un objeto en producir transformaciones a su alrededor. Siendo la energía aquella que se efectúa en una función como consecuencia de su constitución (Energía interna), de su movimiento (Cinética), y de su posición (Potencial), según el principio de conservación de la energía esta no puede ni crearse, ni destruirse, sin embargo, puede transformarse de un tipo a otro como energía lumínica, la eléctrica, calórica y de movimiento. (Yirda, 2019). Este mismo autor resalta que, la energía puede tener varios tipos de fuentes, las cuales provienen a partir de diversos recursos naturales o fenómenos de la naturaleza que son capaces de brindar y entregar energía en cualquiera de sus formas lo cual, se describe a continuación:

##### **Fuentes convencionales.**

Las energías derivadas de fuentes convencionales o no renovables, provienen de procesos artificiales como lo son los minerales, combustibles fósiles y nucleares. Las energías convencionales se pueden comercializar como fuentes de suministro de energía eléctrica para suplir grandes demandas de potencia a nivel mundial. El uso de este tipo de fuentes energéticas es limitado y su uso indiscriminado ha inducido a la escasez de las materias primas relacionadas afectando los recursos naturales y el medio ambiente. (Ryvar, Kudelas & Beer, 2015).

##### **Fuentes no convencionales.**

Las fuentes no convencionales de energía eléctrica hacen referencia al aprovechamiento de ciertos recursos naturales para la generación de energía eléctrica, de igual

manera estas reciben el nombre de energía renovable ya que se obtiene a partir de recursos inagotables como lo son el viento, el sol, la biomasa, entre otros recursos. (Perdomo, 2008, p.13).

Son el producto del desarrollo tecnológico que permite aprovechar las fuentes no convencionales y reemplazar las utilizadas desde hace mucho tiempo atrás. (Giraldo, et al, 2017). El acceso a las energías renovables representa un valor central para la sostenibilidad ambiental, que en el largo plazo preserva la vida humana, facilita la obtención de sociedades más inclusivas y equitativas en un horizonte de tiempo mucho más cercano (Pelfini, Fulget, & Beling, 2012 citado por Cortés & Arango, 2017, p.378).

### **Sistemas energéticos.**

Los sistemas energéticos nacen de la crisis energética efectuada a nivel mundial, cuyo objetivo principal es la de economizar energía desde aspectos como reglamentación relativa a su utilización (importaciones, impuestos, tipos, etc.), equilibrio entre las exigencias de la protección del medio ambiente y las de la economía, precios de la energía, etc. (Hafele, 1999).

### **Cobertura energética.**

La cobertura Energética es el objetivo central de cumplimiento del Plan Indicativo de la Unidad de Planeación Minero Energética que hace parte del Ministerio de Minas y Energía, el cual debe ser obtenido a través de inversiones públicas que deben ejecutarse y privadas que deben estimularse en búsqueda de la universalización de los servicios energéticos del país. (UPME, 2017).

### **Desarrollo sostenible.**

El desarrollo sostenible es concebido como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. (Informe titulado «Nuestro futuro común» de 1987, Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo), el desarrollo sostenible ha emergido como el principio

rector para el desarrollo mundial a largo plazo. Consta de tres pilares, el desarrollo sostenible trata de lograr, de manera equilibrada, el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente. (ONU, 2018).

## **Marco Normativo**

### ***Disposiciones Legales Escenario Colombiano***

En países de América Latina como Colombia se realizan en la actualidad importantes esfuerzos vinculados a promover el uso de energías renovables no convencionales dentro de sus regiones, es por esto que a continuación se expondrán las disposiciones legales que se han generado en el escenario colombiano en pro del desarrollo de este tipo de proyectos.

A continuación, relaciona normatividad vigente sobre el uso energías renovables no convencionales a nivel nacional.

**Tabla 1**

#### *Disposiciones legales en Colombia*

<b>Ley o Normativa</b>	<b>Descripción</b>
<b>Agenda 21 de Ciudades Sostenibles</b>	La Agenda 21 yace de los Principios Universales y Objetivos de Desarrollo Sostenible liderados por la Organización de las Naciones Unidas los cuales fueron creados en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992, con el objetivo de potencializar dentro de sus países ciudades y comunidades sostenibles en el siglo XXI desde la ejecución de políticas medioambientales. (ONU, 2018)
<b>Ley 99 de 1993</b>	El Ministerio de Medio Ambiente de Colombia a través de la consolidación del Sistema Nacional (SINA) dicta en correspondencia a los recursos naturales renovables una política ambiental por medio de esta ley que se centrará en el proceso de desarrollo económico y social del país, a través de proyectos vinculados al derecho de los seres humanos a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza desde la protección

---

especial de zonas de páramos, sub GGpáramos, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos garantizando la formulación de políticas ambientales que tengan en cuenta la investigación científica, todo esto desde la incorporación de costos ambientales por parte del Estado y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental de los recursos naturales renovables. (Min Ambiente, 1993).

---

**Ley 1715 de 2014**

En esta ley el Congreso de la República regula dentro del país la integración de energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, promoviendo su uso y generando incentivos económicos para la implementación de estos sistemas con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético a través de la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.

Los incentivos económicos tal como se describe en el capítulo III invitan al sector privado a desarrollar proyectos de energía renovables como la disminución en las declaraciones de renta de las inversiones realizadas durante 5 años, reducción de impuestos en compras de materiales que involucran el desarrollo o puesta en marcha de proyectos de energías alternativas e incentivos arancelarios además de otorgar beneficios de aumento en la depreciación en los activos implementados de los proyectos de energías alternativas logrando una reducción en la contabilidad de las compañías que inviertan en este tipo de negocios. (Congreso de la República, 2014).

---

**Resolución 1283 del  
2016**

La resolución 1283 establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables y gestión eficiente de la energía con el fin de obtener los beneficios tributarios que se establecen en la ley 1715. (Min Ambiente, 2016).

---

---

<b>Plan Nacional de Desarrollo 2018- 2022</b>	<p>El Plan Nacional de Desarrollo del nuevo gobierno establece diversos pactos en los cuales involucra aspectos de desarrollo social, económico, cultural y productivo fomentando una mayor equidad. Dentro de estos pactos es de resaltar la importancia de la implementación de energías no convencionales como lo son los pactos por los recursos minero energéticos y por la calidad y eficiencia en los servicios públicos. (Gobierno de Colombia, 2018).</p> <p>El pacto por la calidad y eficiencia en los servicios públicos se centra en promover el acceso a servicios como lo son: el agua y la energía como fundamento de equidad de los colombianos y de competitividad a las empresas. (Gobierno de Colombia, 2018).</p> <p>Por su parte, el pacto por los recursos minero energéticos se vincula al crecimiento sostenible y la expansión de oportunidades desde los territorios construyendo un futuro responsable social y ambientalmente que garantice la seguridad energética y suministro dentro todos los hogares colombianos. (Gobierno de Colombia, 2018).</p>
<b>Resolución 1312 del 2016</b>	<p>Esta resolución generada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece la elaboración del Estudio de impacto Ambiental (EIA) cuyo objetivo se centra en el desarrollo de licencias ambientales de proyectos de uso de energías eólicas continental y otras determinaciones, las cuales se sujetan a la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables para así, asegurar el desarrollo sostenible del país. (Min Ambiente, 2016).</p>

---

---

<b>Plan de expansión de referencia de generación-transmisión 2017-2031</b>	El plan de expansión se estableció desde toda una serie de proyecciones a nivel nacional frente a la demanda de energía eléctrica y potencia con el objetivo de prevenir desequilibrios en el mercado de energía mayorista (MEM). Todo esto basado en registros de las series históricas de la Demanda de Energía Eléctrica en Colombia, los datos económicos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), datos demográficos (Población) de la ONU y el dato climático obtenido por el IDEAM. (UPME, 2017).
--	---

---

*Fuente:* ONU (2018); Ministerio del Medio Ambiente, (1993); Congreso de la República, (2014); Ministerio del Medio Ambiente, (2016); Gobierno de Colombia, (2018); Ministerio del Medio Ambiente, (2016); UPME, (2017).

## **Marco Metodológico**

### ***Tipo de Estudio y Diseño***

Según lo establecido por Sampieri, (2011) el presente estudio es de tipo descriptivo, definiéndolo como aquel que se centra en especificar las propiedades principales de fenómenos desde la medición de aspectos, dimensiones o componentes, es así como la presente investigación de tipo monográfico se orienta en analizar y describir las diferentes alternativas existentes en la implementación de sistemas de energías renovables presentes en el país.

### ***Métodos y Técnicas de Recolección de Información***

Se tomarán como apoyo las fuentes primarias centrándose en sistemas de energías renovables que se aplican dentro del país desde los diferentes entes nacionales y departamentales, además de fuentes secundarias donde se encontraran documentos de investigación experimentales, económicos y, sociales, referentes a la innovación y el desarrollo

de nuevos sistemas de implementación a nivel mundial, desde bases de datos científicas como Scopus, Web of Science y Proquest.

### **Marco Teórico**

Las energías renovables en países como Colombia son utilizadas en tan solo un 0.2% según cifras entregadas por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), a pesar de que el país cuenta con numerosos recursos naturales debido a su ubicación geográfica, entre los que se destacan vientos desde 8 metros a 80 kilómetros de altura, radiación solar de 4.5KWh/m<sup>2</sup>/d y residuos agrícolas de 330350 TJ/año. (Pabón & Castillo, 2016).

Para Cortes y Arango, (2017); la energía, evidentemente, es el pilar del desarrollo de los procesos productivos, del progreso social de los países y elemento fundamental del avance tecnológico mundial (Castillo, 2015 citado por Cortes & Arango;). Es así como los proyectos de generación en el sistema eléctrico en Colombia no solo impulsan el desarrollo sostenible, aprovechando las ventajas que geográficamente abundan, sino que también benefician la población que carece de estos servicios, como son las zonas no interconectadas.

Es por esto que a continuación se describen las energías renovables que podrían ser aplicadas en el país y sus características individuales.

#### **Energía Solar.**

La energía solar o fotovoltaica es definida como la transformación directa de la radiación solar en electricidad, por medio de paneles solares. El uso y la producción de energía solar en Colombia hoy es insignificante, según Alejandro Lucio, director ejecutivo de la Asociación de Energías Renovables (Ser Colombia) (Guevara, 2016). Como se mencionó anteriormente la participación de energías renovables en el país, es solo del 0,2% y proviene de energía solar, eólica y biomasa. Hasta el momento, las mayores inversiones en sistemas solares se han hecho en el sector industrial en almacenes de grandes superficies como lo son Éxito y Alkosto, aún quedan por explorar demasiadas funciones de este tipo de energía.

Esta energía se representa a través de tecnologías como la fotovoltaica, térmica y pasiva por medio de elementos como celdas solares, colectores, muros, ventanas, entre otros y se convierte en electricidad, calor e iluminación. (Perdomo, 2008).

Las instalaciones solares fotovoltaicas funcionan de acuerdo con un sencillo principio: constan de paneles solares (módulos fotovoltaicos) individuales, que a su vez contienen células solares individuales hechas de materiales semiconductores como el silicio (cristalino y amorfo). Cuando brilla el sol, una célula solar se comporta casi como una batería, la luz solar recibida separa los electrones de modo que forman una capa de carga positiva y una de carga negativa en la célula solar; esta diferencia de potencial genera una corriente eléctrica. (Flores, 2015, p.11).

### **Energía Eólica.**

Esta energía es obtenida de una forma indirecta de la energía solar, siendo atribuida por diferencias de temperatura causada por la radiación solar sobre la superficie terrestre. (Robayo, 2016).

La energía eólica consiste en convertir la energía que produce el movimiento de las palas de un aerogenerador impulsadas por el viento en energía eléctrica (Acciona, 2016). Hasta el momento en Colombia, la energía eólica es la fuente más usada respecto a energías renovables, solo en la guajira hay capacidad para producir el 20 % de la demanda actual (El Espectador, 2015). Si se explota correctamente este recurso, se perfila como un respaldo de producción eficiente, que no solamente aumentará la oferta, sino que reducirá los precios de un servicio que, a los ojos de gremios como Aso Energía, es muy costoso y le quita competitividad al país (El Espectador, 2015 citado por Pabón & Castillo, 2016, p.10).

En países como Colombia, se cuenta con un aproximado de 19.5MW integrados al Sistema Interconectado Nacional, siendo una de las opciones de energías limpias con mayor difusión en el mundo, aumentando su capacidad instalada con un crecimiento del 21% en los

últimos 5 años, en países como Dinamarca y España que producen esta energía en un 39.1% y 20.9% respectivamente. (Robayo, 2016).

El aprovechamiento del viento para la generación eléctrica a gran escala es la tecnología de energía renovable que más ha crecido en las últimas décadas, con porcentajes de uso del 40% por año desde 1993 a nivel global. Además de este uso, el viento se puede aprovechar para aplicaciones mecánicas y electrificación de sitios aislados. En general, se pueden distinguir tres diferentes tipos de aplicaciones, las cuales se discuten en detalle en los siguientes capítulos: Aplicaciones mecánicas, por ejemplo, bombeo de agua y molino de granos, Generación eléctrica en sistemas aislados, para usos productivos y viviendas rurales en áreas remotas, Generación eléctrica a gran escala conectada al sistema nacional interconectado (BUN-CA, 2002, p.4 citado por Perdomo, 2008, p.18).

### **Energía Hidroeléctrica.**

La energía hidroeléctrica es electricidad derivada de la energía del agua en movimiento. La lluvia o el agua de deshielo, provenientes normalmente de colinas y montañas, crean arroyos y ríos que desembocan en el océano. La energía que generan esas corrientes de agua puede ser considerable, como sabe cualquiera que haya hecho descenso de rápidos. (Flores, 2015).

Según lo definido por Flores, (2015); una central hidroeléctrica clásica es un sistema que consiste en tres partes: una central eléctrica en la que se produce la electricidad; una presa que puede abrirse y cerrarse para controlar el paso del agua; y un depósito en que se puede almacenar agua. El agua de detrás de la presa fluye a través de una entrada y hace presión contra las palas de una turbina, lo que hace que éstas se muevan. La turbina hace girar un generador para producir la electricidad. La cantidad de electricidad que se puede generar depende de hasta dónde llega el agua y de la cantidad de ésta que se mueve a través del

sistema. La electricidad puede transportarse mediante cables eléctricos de gran longitud hasta casas, fábricas y negocios.

Para el año 2030 se espera tener un incremento en el uso de energías renovables a partir de la hidroeléctrica, siguiente a este el uso del carbón, combustible fósil que se estima que en unos años tenga un decrecimiento y se deba determinar importación del mismo por su disminución en las tasas de producción, al igual se espera un crecimiento en la demanda para generación eléctrica a partir del gas natural; Colombia cuenta con reservas suficientes a la orden de 15 años, sin embargo por ser una fuente de energía con potencial limitado posiblemente se disminuya la producción generando la necesidad de realizar importaciones de energía. (Robayo, 2016, p.46).

En Colombia la hidroeléctrica es la principal fuente de energía en capacidad instalada, le sigue el gas natural con un porcentaje del 27,79%, es muy usual que esta fuente de energía sea utilizada en gran medida en el país debido a que cuenta con reservas probadas por metros cúbicos de 169.900.000.000 ubicándose en el puesto No. 48 de acuerdo a un reporte del (Factbook, The World, 2013 citado por Robayo, 2016, p.34)

### **Energía Geotérmica.**

La Energía Geotérmica es conocida como energía de la tierra siendo renovable, inagotable con una capacidad tecnológica, sólida, limpia, versátil y útil para generar electricidad logrando emisiones de vapor de agua, además del nulo impacto ambiental que provoca, representando en la actualidad el 0.4% de generación de energía a nivel mundial explotando recursos de sistemas hidrotermales con significativas temperaturas, las cuales constituyen una mínima parte de energía disponible en la tierra.

Sin embargo, es de resaltar que esta energía ha generado significativos avances en cuanto a su exploración y explotación muestran que, a mediano plazo, la generación geo

termoeléctrica se convertirá en una pieza clave dentro del abanico energético mundial. (Santoyo & Barragán, 2010).

Colombia es considerada como un país que no evidencia alto potencial en energía geotérmica estimándose un recurso promedio de 1 a 2 GW, lo cual ha provocado que no se generen proyectos que promuevan el uso de estas tecnologías. (Pabón & Castillo, 2016).

### **Energía Biomasa.**

La Energía Biomasa es derivada de materias orgánicas, siendo fuente de energía renovable basada en la utilización de materias orgánicas de vía biológica, de aguas residuales, lodos de depuradora, así como la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos, su contenido de la energía solar fijada por lo vegetales en el proceso fotosintético, liberándose al romper enlaces de los compuestos orgánicos en el proceso de combustión dando como productos finales dióxido de carbono y agua. (Fernández, 2011).

Para Fernández, (2011); la biomasa es una excelente alternativa energética por dos razones. La primera es que, a partir de ella se pueden obtener una gran diversidad de productos; la segunda, se adapta perfectamente a todos los campos de utilización actual de los combustibles tradicionales. Así, mediante procesos específicos, se puede obtener toda una serie de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos que pueden ser aplicados para cubrir las necesidades energéticas de confort, transporte, cocinado, industria y electricidad, o servir de materia prima para la industria.

Es por esto que, la Biomasa es una fuente de energía renovable de gran participación en países como Colombia, debido a que genera significativos índices de residuos agropecuarios e industriales a causa de que cuenta con una superficie continental de 114.174.800 hectáreas de las cuales el 44,77% se estima se destinan a la actividad agropecuaria según cifras reveladas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (Pabón & Castillo, 2016, p.12).

## Capítulo 1 Sistemas Referentes de Cobertura Energética Renovables en Naciones

### Líderes a Nivel Global.

A nivel mundial existen países pioneros en la generación de energías renovables, lo cual les ha permitido desarrollar un significativo impacto en la cobertura energética de su población siendo modelos a seguir para Colombia. A continuación, se resaltan los más representativos con proyección del año 2010 al 2020 en la siguiente tabla:

**Tabla 2**

*Capacidad instalada a nivel mundial fuentes de energía renovable*

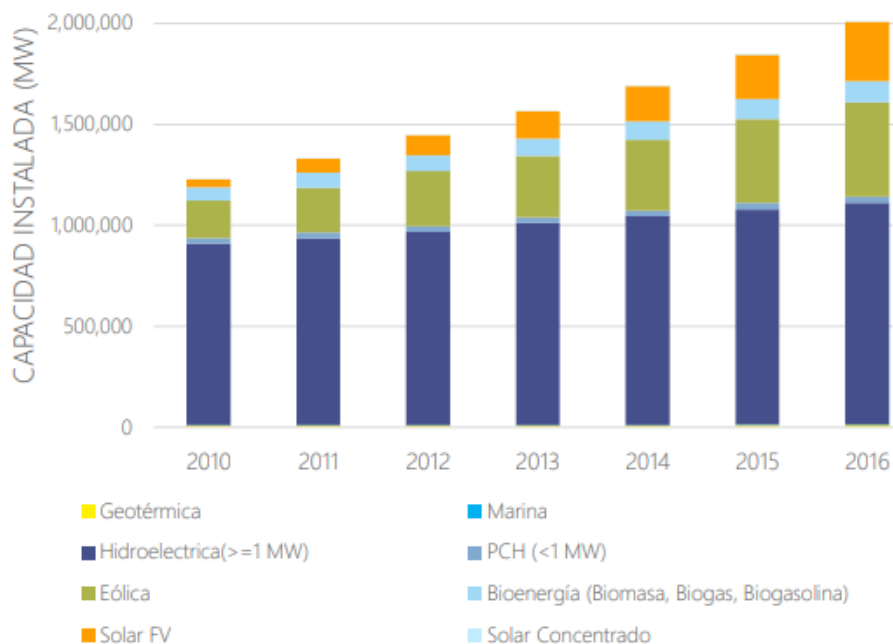
	Capacidad Instalada en renovables		Capacidad Instalada en Energía			
	Sin Hidroeléctrica	Con Hidroeléctrica	Eléctrica Eólica	Eléctrica Biomasa	Eléctrica Geotérmica	Solar Fotovoltaica
<b>1</b>	E.E.U.U	China	China	E.E.U.U	E.E.U.U.	Alemania
<b>2</b>	China	E.E.U.U	E.E.U.U	Brasil	Filipinas	España
<b>3</b>	Alemania	Canadá	Alemania	Alemania	Indonesia	Japón
<b>4</b>	España	Brasil	España	China	México	Italia
<b>5</b>	India	Alemania/India	India	Suecia	Italia	E.E.U.U.

*Fuente: André, F. De Castro, L. Cerda, E. (2012).*

Las fuentes de energía no convencionales han probado ser significativamente eficientes en las naciones que han optado por su implementación. La figura 4 muestra el crecimiento de la capacidad instalada en fuentes no convencionales a nivel global, implicando no solo una reducción de los costos de implementación (inferida del incremento de la cobertura) sino un mayor alcance de las mismas a nivel global.

**Figura 4.**

*Capacidad Global Instalada en Energías Renovables. Fuente: IRENA, DNP (2017)*



### **Unión Europea.**

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA) se ha demostrado un importante avance en sistemas de energía renovables dentro de la Unión Europea en los últimos años, en datos del 2010 la producción de fuentes de energía de este tipo se ha incrementado en un 59 por 100 en las cuales se destacan la biomasa sólida, hidráulica, geotérmica, biocarburantes, eólica, biogás, solar y mareas; y fracción organiza de residuos sólidos urbanos. (André, De Castro & Cerda, 2012).

El desarrollo de servicios climáticos para el sector energético de Europa liderados por la Comisión Europea ha posibilitado la creación de proyectos como EUPORIAS, en el cual se han producido prototipos de servicios climáticos a través de la producción de energía eólica acompañado de predicciones estacionales de la velocidad del viento en correspondencia a las características de cada región. (Bueno tempo, 2017).

Además, Alemania demuestra ser el de mayor liderazgo en la producción de energías renovables de tipo solar fotovoltaica por encima de España, Japón, Italia y E.E.U.U. a nivel mundial, aunque se encuentra entre las potencias dentro de energías con capacidad instalada con y sin hidroeléctrica, eólica, biomasa y energía eléctrica como geotérmica. (André, et al, 2012).

A su vez, según Pabón y Castillo, (2016) en datos recopilados en el 2008 el país consumió un total de 587 TWh (millones de megavatios por hora) representando un consumo exagerado de energía en comparación a continentes como África. Resaltando como a pesar de ser la cuarta economía más potente del mundo se ha propuesto para el 2020 que se debe generar una significativa reducción de emisiones desde el fomento de energías más limpias todo a través del impulso de políticas que fomenten energías alternativas como lo es la eólica, siendo el país líder en un 33.730 MW instaladas para el 2014 representando el tercio en producción a nivel mundial todo esto gracias al desarrollo de molinos 30 veces más potentes que en años anteriores.

Por su parte en cuanto a la energía solar, Alemania ha logrado destacarse con una capacidad instalada de 36 GW para el 2014, ya que realizaron instalaciones de paneles solares en todo el país. Lo que para estas autoras indica un notable avance en el sector energético al ser un país con significativa innovación y amplia administración de los recursos. (Pabón & Castillo, 2016).

Por otro lado, en Alemania se destacan políticas como la Energiewende, en la cual se reafirma la decisión de dejar atrás el uso de la energía nuclear, a cambio para el 2030 se propone como objetivo que la mitad el uso de la electricidad debe provenir de energías renovables nuevas, mientras que para el 2050 las emisiones de gases se deben haber reducido en un 80 a 95%, demostrando avances de uso de un 8% en biocombustibles, 1% en energía eólica y 1 % en energía solar. (Gil & Cardozo, 2016).

## **E.E.U.U.**

Estados Unidos se destaca por ser uno de los países a nivel mundial con mayor cobertura y proyección en la implementación de energías renovables, según cifras otorgadas por el Center for Sustainable Systems de la Universidad de Michigan el 83% de la energía consumida en Estados Unidos proviene de combustibles fósiles como el petróleo, gas natural y el carbón, siendo el 8% de energías renovables, destacándose principalmente la biomasa con un 53%, hidroeléctrica el 31% y la eólica con un 12%. A su vez es de destacar que la energía eólica es aquella que demuestra tener mayor capacidad instalada con 40.2 GW después de China que alcanza 44.7 GW. (André & Cerda, 2012).

Por su parte, en contribución a estos avances se han liderado políticas como la ley de Política Energética del 2005, la Ley de Independencia y Seguridad Energética del 2007; y la ley de extensión y Mejora Energética del 2008, sin embargo, esto ha propiciado la seguridad del suministro mas no la reducción del uso de energías no renovables, siendo solo la ley del 2007 aquella en la cual se destaca la necesidad de cambiar el modelo energético que fomente el uso de las energías renovables. (André & Cerda, 2012).

## **India.**

Dentro de este país, es de destacar que es el único en el cual existe un Ministerio de Energías Nuevas y Renovables lo cual ha surgido ante la notable expansión de la población que desemboca en un aumento de la capacidad eléctrica instalada, el crecimiento económico y la urbanización repercutiendo en toda una serie de dificultades en la cobertura a toda la población, siendo la implementación de las energías renovables una atractiva alternativa de solución. (André & Cerda, 2012).

En india se han liderado políticas como la Ley de la Electricidad que se constituyó en el 2003, donde se resaltaron tarifas preferentes, obligación en la compra de energías renovables, créditos y certificados de energía renovable, además de fomentar el incentivo con reducción en

aspectos fiscales y financieros que incluyen subsidios, amortización acelerada y extensión de derechos de aduanas. (André & Cerda, 2012).

Es de destacar que en este país se registra un importante crecimiento en todas las energías renovables, sin embargo, las que más se destacan son la eólica en una cobertura de 75 por 100 y la energía solar la que podría considerarse como aquella que presenta mayor proyección con un objetivo de producción para el 2022 de 20.000 MW incluyendo 20 millones de sistemas de iluminación con energía solar y 20 millones de metros cuadrados de colectores térmicos. (André & Cerda, 2012).

### **China.**

Para André & Cerda, (2012), China ha sido el país que a nivel mundial presenta mayor desarrollo incluso por encima de potencias como Estados Unidos, pero sus avances han sido escasos en relación con los altos niveles de contaminación que este país produce, todo esto debido a que su producción energética se centra en el carbón, siendo el 8.3% el uso de energías no fósiles, 22.2% hidroeléctrica, 3.2% eólica, 1.1% energía nuclear y 73.4% energías térmicas.

A su vez, es de destacar que su distribución es muy variable ya que, en las zonas rurales se lideran las energías renovables como la biomasa en un 74 por 100 y pequeñas estaciones hidroeléctricas lo que representa el 60% de la población total, mientras que en las zonas urbanas se utilizan los combustibles fósiles con gran predominio del carbón principalmente en instalaciones industriales. Según cifras del 2010 el carbón representa una producción de un 75.8% y 17.1% el para el petróleo demostrando una alta reducción en su producción en contraste con años anteriores, aunque aún la lucha contra el cambio climático es alarmante. (André & Cerda, 2012).

### **América Latina.**

La inestabilidad del Mercado económico que ha traído el Petróleo ha generado un replanteamiento en la obtención de recursos energéticos es por esto que las Naciones Unidas y el Banco Mundial han liderado iniciativas como “Energía Sostenible para Todos” con el objetivo de fomentar a nivel mundial el uso de energías renovables debido a que se ha evidenciado que según la matriz energética mundial el 30% se centra en el petróleo, el 22% el gas, el 27% el carbono, el 6% hidro, 4.5% nuclear, 1.5% renovables, y el 8.9% la biomasa. (Gil & Cardozo, 2016).

En contraste con estos datos, países latinos como Argentina han focalizado sus esfuerzos para dar uso a energías renovables ya que, este depende en gran parte de combustibles fósiles siendo el petróleo y el gas aquellos que representan el casi 90% de energía consumida, por lo cual se ha generado un significativo fomento de políticas frente al uso de energías renovables como la ley 27.191 del 2015, sin embargo a finales de este año se alcanzó apenas el 2% de generación de energía eléctrica menor a lo inicialmente propuesto, al punto de tomar la decisión de reforzar los objetivos en pro de alcanzar el 20% producción a través de las energías renovables para el año 2025. (Gil & Cardozo, 2016).

Aunque es de destacar que, dentro de Argentina según cifras obtenidas para el 2009 en el país se han realizado importantes inversiones destacándose 17 proyectos contratados de energía eólica con una producción total de 754 (MW), 8 proyectos en implementación con una capacidad instalada de 166.8 (MW); 5 proyectos generados en PAH con una capacidad de 10.6 (MW) y 32 con una capacidad instalada de 284.4 (MW). En fotovoltaico fueron 6 contratados y 2 en implementación, mientras que en biocombustibles 32 con una producción de 895 (MW) y 47 en implementación con una capacidad instalada de 498.6 (MW). (Recalde, 2017, p.246).

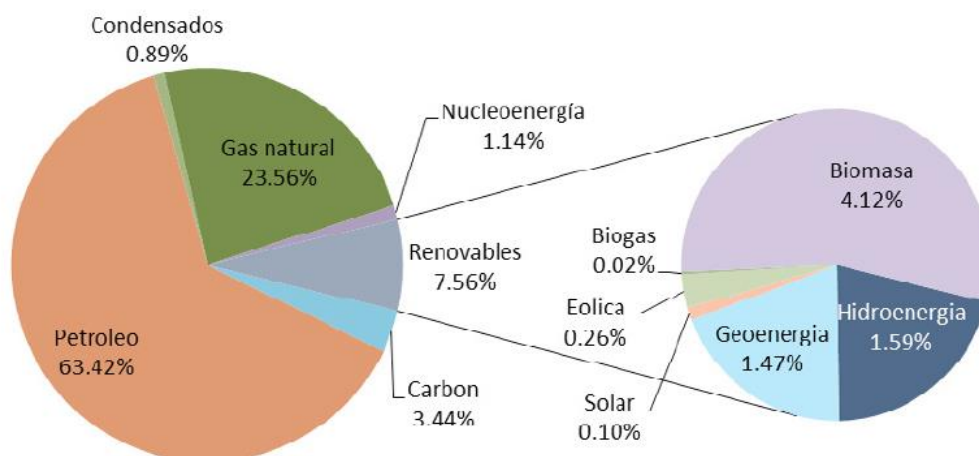
En donde Recalde, (2017) considera que para el efectivo logro de estos objetivos en coherencia con la matriz energética es de vital importancia tener en cuenta variables sociales,

políticas y económicas que posibilitan o dificultan el efectivo uso e implementación de las energías renovables dentro del país, como lo es el compromiso, las instituciones, la regulación política, sinergia, ambiente económico, financiamiento, información energética, información rural, capacidades y conciencia pública. (p.247).

Por su parte, dentro de países como México en el año 2014 ante la caída del petróleo el sector energético presento una disminución del 2.2 %, sin embargo, el incremento de otras fuentes de energía descritas en la matriz energética de este país contribuyo a mantener la producción de energía estable. Dentro de la producción total de 7.56% de energías renovables la que presento mayor aporte fue la generación de energía por biomasa, seguida por la hidroenergía y la energía geotérmica. (Figura 5.)

**Figura 5.**

*Distribución de la Producción de Energía. Fuente: (SENER, 2015 citado en Beltrán, 2016)*



Colombia, por su parte, ha experimentado incrementos significativos en el consumo de energía durante los últimos años. Las proyecciones más recientes (Tabla 3), muestran escenarios en los que las necesidades energéticas pueden llegar a crecer cerca del 40% en menos de 10 años. Dichos datos permiten inferir no solamente una necesidad evidente de

fortalecer y ampliar la capacidad del SIN, sino también de incluir formas de generación complementarias a la energía proveniente de hidroeléctricas.

**Tabla 3**

*Proyecciones de demanda de energía*

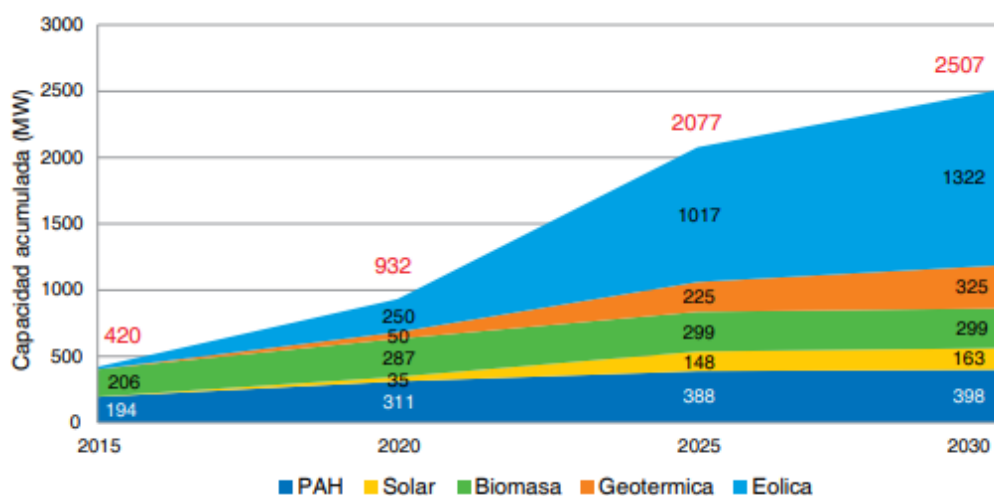
<b>Año</b>	<b>Escenario Alto</b>	<b>Escenario Medio</b>	<b>Escenario Bajo</b>
<b>2016</b>	70.28	69.031	67.788
<b>2017</b>	72.945	71.241	69.546
<b>2018</b>	76.583	74.835	73.095
<b>2019</b>	78.955	77.16	75.375
<b>2020</b>	81.229	79.384	77.549
<b>2021</b>	83.248	81.351	79.464
<b>2022</b>	85.336	83.384	81.442
<b>2023</b>	87.516	85.508	83.509
<b>2024</b>	89.875	87.806	85.747
<b>2025</b>	92.403	90.271	88.15
<b>2026</b>	95.086	92.889	90.701
<b>2027</b>	97.934	95.667	93.411
<b>2028</b>	100.937	98.597	96.269
<b>2029</b>	104.125	101.71	99.305
<b>2030</b>	107.514	105.018	102.533

*Fuente: XM (2020)*

En este contexto, las perspectivas de crecimiento de la generación de energía a través de fuentes no convencionales son positivas. Las proyecciones realizadas por la UPME (Figura 6), muestran un crecimiento proyectado de más del 100% de la capacidad instalada actual teniendo como base la implementación de un marco legislativo que permita tanto la masificación de dichas fuentes en pequeña y gran escala como la estructuración de beneficios para las organizaciones y personas que deseen optar por el uso de energía limpia para el desarrollo de sus actividades. Debe anotarse, complementariamente, que las fuentes eólicas constituyen gran parte de dichas proyecciones en la medida en que las evaluaciones previas arrojan consolidados positivos frente a la eficiencia de parques eólicos en ubicaciones estratégicas previamente identificadas a lo largo del país.

**Figura 6.**

*Capacidad Acumulada en Fuentes de Energía No Convencionales. Fuente: UPME (2015)*



### **Ventajas y Desventajas.**

La energía proveniente de fuentes no convencionales resalta por el alto grado de sostenibilidad de las mismas y su nivel de impacto en el medio ambiente. En un contexto más específico, pueden cuantificarse ventajas como desventajas en diversos ámbitos, iniciando con factores sociales y culturales hasta elementos políticos y económicos (Tabla 4)

En el contexto actual, las naciones en vías de desarrollo enfrentan dificultades significativas a la hora de implementar sistemas de generación de energía no convencional en la medida en que la inversión social y las necesidades de primera línea impiden inversiones significativas para el concepto.

No obstante, el crecimiento sostenido, particularmente el colombiano, demuestra el interés de las mismas en generar alternativas de solución a largo plazo para contribuir en la reducción de emisiones a nivel local y regional.

Tabla 4

*Ventajas y Desventajas de las Energías Renovables*

<b>Tipo de Energía</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Termo solar</b>	Bajo costo	Estacionalidad
	Confiable	Requiere sistemas de almacenamiento térmico para periodos nublados
	Amplia disponibilidad	Requiere de inversión inicial significativa
	No requiere red eléctrica	Requiere de fuentes complementarias
<b>Fotovoltaica</b>	Puede generarse incluso en días nublados	Requiere de superficies significativas para instalación
	No produce ruido, emisiones o gases	Tiene eficiencia de conversión baja (10-15%)
	uso urbano y rural	
	Mantenimiento mínimo	
instalación por módulos fácil de ampliar		
<b>Geotermal</b>	Alta disponibilidad	Alta inversión
	Bajo impacto visual	
	No depende del clima	
	Instalación durable a largo plazo	
<b>Biomasa</b>	Bajo costo	La quema de residuos sólidos puede liberar químicos
	Puede ser almacenada y usada	Pueden presentarse metales pesados en cenizas producto de la combustión
	Libera menos CO que combustibles fósiles	Requiere gran cantidad de terreno Afecta el paisaje y la diversidad biológica
<b>Eólica</b>	Bajo costo	Ruido
	Instalación rápida	Puede causar interferencia electromagnética
	Alta potencia	Impacto visual
	Contaminación ambiental baja	Puede interferir con fauna y rutas migratorias de aves

Fuente: UNEP (2003), Hotel Energy Solutions (2011) & EC (2014) (citados en Lastra, Coloma, Espinosa & Herrera, 2015).

## **Capítulo 2 Análisis de Eficiencia en la Implementación de Sistemas Energéticos no Convencionales.**

En la actualidad la implementación de nuevos sistemas energéticos que proporcionen un notable avance a la cobertura del país han sido escasos en relación con otros países, ya que en países industrializados han efectuado controles y regulaciones más estrictas desde mecanismos de desarrollo limpio para la creación de energías menos contaminantes, todo esto a través de estrategias que sean a bajo costo y competentes con el crecimiento sostenible a nivel local y global como lo ha sido en países como Brasil, China, India, Rusia y Sudáfrica, quienes se han centrado en doblar el crecimiento energético ante el notable aumento demográfico para abastecer la demanda de manera limpia y con recursos energéticos ilimitados.

Una de las alternativas que más se están implementando en la actualidad ha sido el ciclo combinado de gasificación integrada, cogeneración y energías renovables, demostrando un significativo impacto a nivel ambiental y económico que tenía como batuta el sector de los hidrocarburos constituyéndose aún como la fuente primaria de energía. (Umbarila, Alfonso & Rivera Rodríguez, 2015)

Por lo cual, una forma inicial para analizar la eficiencia energética por medio de la implementación de sistemas energéticos no convencionales, ya sea cualquiera de las diferentes alternativas mencionadas es buscar un cambio en la disminución de la contaminación generada actualmente, uno de estos objetivos es reducir la huella de carbono y los impactos ambientales, ya que no es nada útil y eficiente la implementación de un sistema no convencional se afecte los ecosistemas o que se generen cambios que tengan repercusiones a futuro.

Puesto que, el concepto de eficiencia va muy relacionado con la optimización de los procesos los cuales buscan mejorar la calidad de los servicios dando un crecimiento

económico, social y medio ambiental. Por el cual es importante fortalecerlos por medio de instrumentos que incentiven la ejecución de proyectos de implementación de sistemas energéticos no convencionales principalmente en los sectores comerciales e industriales y estos puedan ser productivos y sostenibles en el tiempo.

### **Energía Solar.**

#### ***Tecnologías Fotovoltaicas.***

En la energía solar se destacan tecnologías fotovoltaicas que se desarrollan con materiales semiconductores cuyo fin se vincula a la conversión de la radiación solar en energía eléctrica, estos sistemas han demostrado ser bastante útiles principalmente para sectores en donde el acceso a la red eléctrica nacional no ha logrado abarcar, sin embargo, aun el camino es largo puesto que, se requiere mayor efectividad en el sistema para así reducir las barreras de acceso en países en vía de desarrollo. (Umbarila, Alfonso & Rivera Rodríguez, 2015)

En Colombia los sistemas fotovoltaicos se han dirigido principalmente a sectores rurales, debido a que, ante los altos costos de generación por el precio de los combustibles y los costos de operación y mantenimiento de las redes eléctricas, esta ha sido la alternativa más económica y rentable. Sin embargo, dentro de las mayores falencias de uso se encontró que existe falta de mínimo mantenimiento, suministro de partes de reemplazo (reguladores y lámparas) y sistemas sub-dimensionados siendo un tema técnico de manejo, en uso para temas de iluminación y electrodomésticos. (Rodríguez, 2009).

Así como lo destacan Umbarila, et al, (2015), en estas tecnologías se utiliza el silicio para que las celdas se han fabricadas y ante su utilización se obtenga mayor eficiencia, aunque diversos avances científicos han permitido que se utilicen otros componentes como los son películas delgadas basadas en materiales como CdTe y el CuInGaSe<sub>2</sub> en contacto con el CdS. Este avance ha demostrado que aumenta la eficiencia en un 16.5%, sin embargo, a pesar de esto su utilización ha sido realmente escasa.

En la implementación de paneles solares, Europa (Alemania, Italia, España y Francia) ha sido el líder a nivel mundial con un uso de 58% al 2013 con 140 GW seguido por China con 18MW de capacidad instalada. Aunque la mejor central fotovoltaica existente en el continente es Portugal logrando una potencia de 62MWp evitando la producción de 60.000 toneladas anuales de CO<sub>2</sub>. (Umbarila, Alfonso & Rivera Rodríguez, 2015)

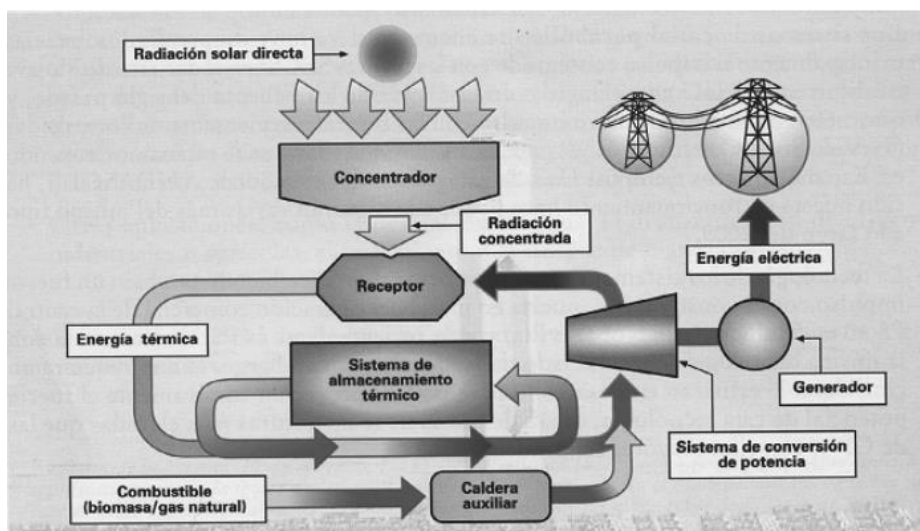
### ***Tecnologías Termo solares.***

Los sistemas termo solares usan tecnología “basada en la transformación de la componente directa de la radiación solar en energía térmica a alta temperatura, y esta energía térmica en electricidad y/o calor; para uso inmediato o como energía almacenable en forma de calor o en forma química” (Espejo, 2010, p.66). En todos los casos se emplean concentradores basados en espejos o en lentes (Figura 7).

La energía termo solar ha encontrado una amplia acogida en España, donde actualmente existen varias plantas en operación. En contraste no existen, en Colombia, proyectos concretos alrededor de la implementación de una planta de este tipo

### **Figura 7.**

*Planta de Energía Termo solar. Fuente: Espejo (2010).*

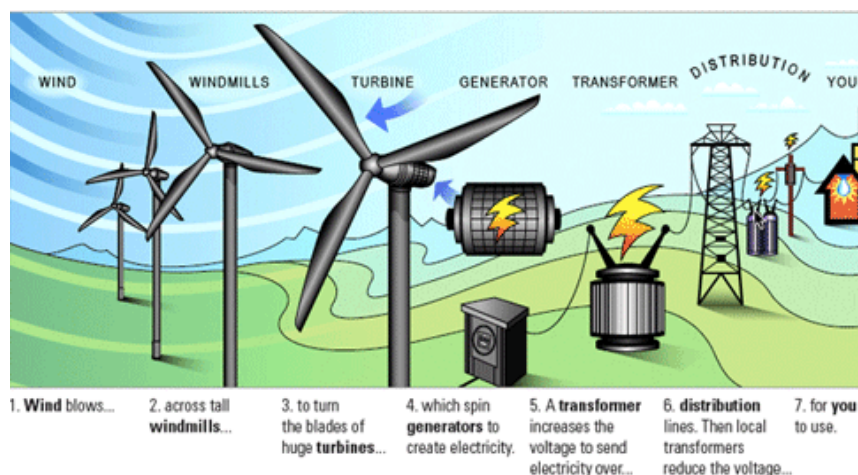


### ***Tecnologías Eólicas.***

La energía eólica tiene el potencial necesario para satisfacer las necesidades energéticas de la tierra. Wangong & Daniel (2010), anotan que la energía eólica mundial podría haber generado cerca de 72 TW, equivalente a 1.5 veces el consumo de energía actual del planeta. No obstante, existen aún elementos no controlables para incrementar su eficiencia, particularmente en puntos mar adentro. La figura 8 muestra el proceso de generación de energía eólica de acuerdo con las distribuciones de infraestructura actuales.

#### **Figura 8.**

*Generación de Energía Eólica. Fuente: Steamgreen (2020)*

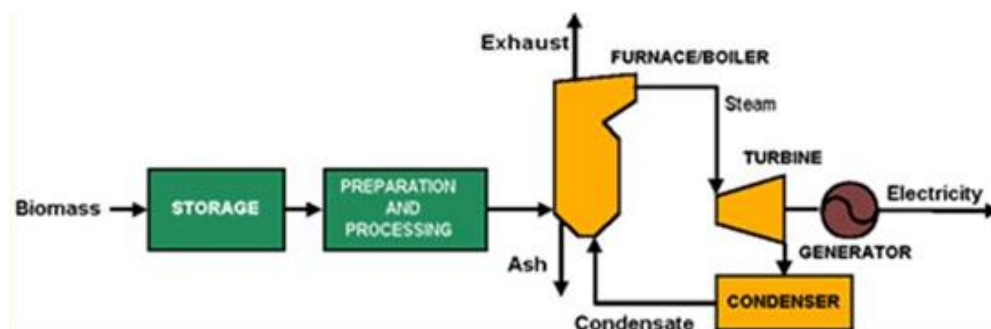


### ***Tecnologías de Biomasa.***

La biomasa, definida como la combustión de materia orgánica para producir calor o electricidad, y a diferencia de sus similares, produce emisiones de CO<sub>2</sub>. Este tipo de energía se encuentra limitada por el tamaño de las cosechas, su modo de fertilización, el medio de transporte y el modo de cultivo de su fuente. Los bejucos y las cañas tienen un impacto menos significativo y esta fuente tiene el potencial para cubrir hasta el 20% de los requerimientos energéticos de una nación (Wangong & Daniel, 2010)

**Figura 9.**

*Procedo de Generación de Energía mediante Biomasa. Fuente: WBDG (2016)*

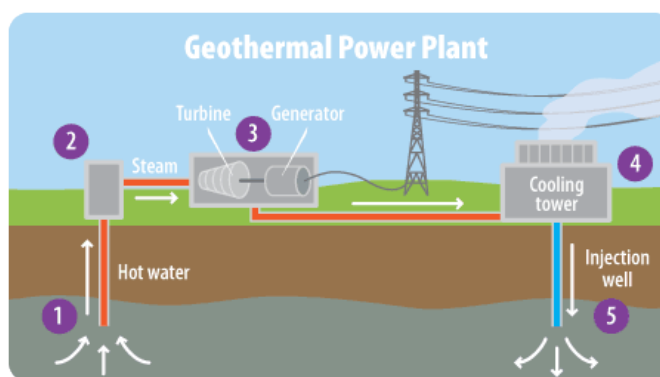


### **Tecnologías Geotérmicas**

La energía geotérmica se encuentra limitada según el tipo de recurso geotérmico, requiriendo desde turbinas de vapor hasta plantas de ciclo binario. Si bien el costo de una planta de energía geotérmica puede ser elevado, a largo plazo se refleja una reducción significativa del mismo en factores como mantenimiento (Dickson & Fanelli, 2004)

**Figura 10.**

*Generación de energía geotérmica. Fuente: EPA (2017)*



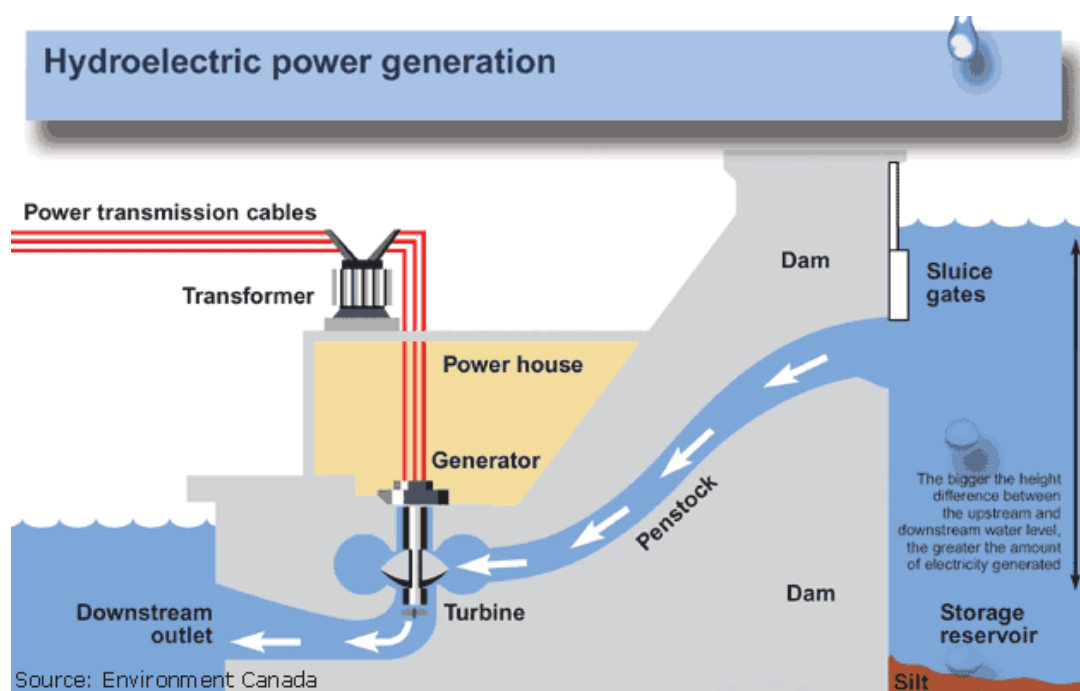
### **Tecnologías de Hidroeléctrica.**

La energía hidroeléctrica puede ser aprovechada de forma más eficiente con el uso de turbinas avanzadas que pueden aplicarse a la infraestructura actual. Estas turbinas reducen el

impacto en las corrientes de agua al limitar la sedimentación. Reducir la capacidad de las presas (limitadas hasta 25MW) permitiría un aprovechamiento más eficiente y sostenible de las corrientes de agua (Wangong & Daniel, 2010)

**Figura 11.**

*Generación de Energía Hidroeléctrica. Fuente: USGS (2020)*



### **Costos de Implementación y Eficiencia.**

La energía eólica presenta, el mayor nivel de eficiencia de los sistemas de generación mencionados previamente. Paralelamente, su costo es bajo en comparación con sus similares. Debe anotarse, sin embargo, todos los sistemas cuentan con una eficiencia superior a los métodos actuales lo que, en el mediano plazo, resulta significativo en términos de inversión. Si bien Colombia tiene las características necesarias para implementar cualquiera de los tipos de energía, las fuentes eólicas y solares son, en definitiva, los proyectos con mayor potencial para el país, tanto para las zonas no interconectadas como para proyectos paralelos al SIN.

**Tabla 5**

*Eficiencia y costos aproximados de implementación de sistemas de energía renovable*

*(en dólares)*

<b>Tipo de Energía</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Costo Implementación USD</b>	<b>Costo de Producción USD</b>
Termo solar	75%	US 14000/Kw - US 27000/kW	US 0.10/ kWh - US 0.27/ kWh
Fotovoltaica	207%	US 2000/kW	US 0.10/ kWh
Geotermal	514%	US 10000/Kw - US 30000/kW	US 0.10/ kWh
Biomasa	80%	US 3000/Kw - US 4000/kW	US 0.05/ kWh - US 0.25/ kWh
Eólica	1164%	US 1200/Kw - US 1700/kW	US 0.13/kWh

*Fuente:* Berc (2020); Born to Engineer (2017); the Renewable Energy Hub (2020), Dudley (2019); WBDG (2016); UCSUSA (2017); Malik (2008)

**Tabla 6**

*Eficiencia y costos aproximados de implementación de sistemas de energía renovable*

*(en pesos colombianos)*

<b>Tipo de Energía</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Costo de Implementación COP/kW</b>		<b>Costo de Producción COP/kWh</b>	
<b>Termo solar</b>	75%	\$47,544,000	\$91,692,000	\$340	\$917
<b>Fotovoltaica</b>	207%	\$6,792,000		\$339.60	
<b>Geotermal</b>	514%	\$33,960,000	\$101,880,000	\$339.60	
<b>Biomasa</b>	80%	\$10,188,000	\$13,584,000	\$170	\$849
<b>Eólica</b>	1164%	\$4,075,200	\$5,773,200	\$441.48	

*Fuente:* Berc (2020); Born to Engineer (2017); the Renewable Energy Hub (2020); Dudley (2019); WBDG (2016); UCSUSA (2017); Malik (2008)

### Capítulo 3 Indicadores de Gestión y de Confiabilidad para la Implementación Eficiente de Sistemas Energéticos no Convencionales en Colombia

Los indicadores de gestión definidos alrededor de la eficiencia de las energías renovables son variables en la medida en que presentan cierto grado de complejidad dependiendo de factores como el nivel de inversión, las características de los equipos y del objetivo final que se tenga trazado con la magnitud de la infraestructura considerada. Recalde (2017) anota, en primera instancia la estructura de indicadores globales que miden el grado de compromiso que tiene el gobierno con la implementación de energías renovables (Tabla 7).

**Tabla 7**

*Indicadores de Gestión de Energías Renovables*

<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>
<b>Regulación</b>	¿Existen políticas e instrumentos para promover fuentes de energía limpia? ¿Cuáles son las percepciones sobre la capacidad de las instituciones gubernamentales para formular e implementar políticas de energía limpia? (1 = muy deficientes; 5= muy buenas)
<b>Economía</b>	Percepción de los inversionistas privados acerca de las condiciones macroeconómicas. Cambios en los índices de precios al consumidor, tasa de inflación anual. Deuda pública como porcentaje del pib. (1 = condiciones macroeconómicas no favorables; 5 = muy favorables)
<b>Información energética</b>	¿Cuán buena y confiable es la información del sector energético? Hay información suficiente y confiable de las principales variables del sector al menos para 10 años (balances energéticos, reservas de recursos energéticos, precios y capacidad instalada en los mercados eléctricos mayoristas, etc.). (1 = no confiable; 5 = confiable y apropiada)

*Fuente: Recalde (2017)*

En un abordaje más específico, Evans, Strezov & Evans (2009), ilustran mediciones puntuales respecto a factores específicos en cada una de las fuentes energéticas analizadas (Tablas 8 y 9)

**Tabla 8**

*Uso de agua por kilovatio/hora generado*

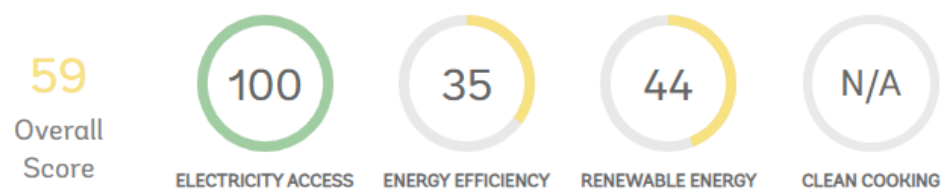
<b>Fuente</b>	<b>Consumo de agua (kg/kWh)</b>
Fotovoltaica	10
Eolica	1
Hidroelectrica	36
Geotermal	12-300
Carbón	78
Gas	78

*Fuente: Evans, Strezov & Evans (2009).*

En una evaluación aplicada al desempeño nacional, el RISE (Indicadores Regulatorio para Energías Renovables), otorga a Colombia un puntaje promedio de 59/100 teniendo en cuenta los siguientes factores

**Figura 12.**

*Indicadores de gestión de energías renovables. Colombia. Fuente: RISE (2020)*



El apartado de energías renovables, con un ponderado de 44 puntos contempla un análisis de los siguientes factores:

**Tabla 9**

*Indicadores de gestión de energías renovables. Colombia.*

<b>Indicador</b>	<b>Evaluación</b>
Marco legal para energías renovables	100
Planeación para expansión de energías renovables	51
Incentivos y soporte regulatorio para energías renovables	51
Atributos e incentivos financieros y regulatorios	0
Conexión y uso de red	53
Riesgo para la contraparte	50
Monitoreo y control de precio del carbón	0

Fuente: RISE (2020)

**Tabla 10**

*Indicadores para medición de índices de sostenibilidad de las energías renovables*

		Transparencia en elaboración de políticas gubernamentales	Disponibilidad de servicios financieros	Capacidad eléctrica: hidro, Eólica, solar	
		Calidad Regulatoria	Inversión de empresas en investigación y desarrollo	Capacidad eléctrica: Combustibles fósiles	
Consumo de ER	Calidad del ambiente natural	PIB per cápita	Colaboración universidad industria en I+D+i	Total de generación de energía eléctrica	
Porcentaje de ER en total final de consumo de energía	Rigor de regulaciones ambientales	Efectividad del gobierno	Disponibilidad de las últimas tecnologías	Producción primaria de energía renovable	Tasas de Inflación
Porcentaje de ER en producción de energía	Refuerzo de la regulación ambiental	Estabilidad política y ausencia de violencia y terrorismo	Capacidad de Innovación	Emisiones del sector energético	Tasa de crecimiento económico
<b>Impacto Renovable</b>	<b>Sostenibilidad Ambiental</b>	<b>Estabilidad del país</b>	<b>Innovación y Competitividad</b>	<b>Impacto de la producción y capacidad de infraestructura</b>	<b>Macroeconomía</b>
<b>INDICE DE SOSTENIBILIDAD DE ENERGÍAS RENOVABLES</b>					

Fuente: Cîrstea, Moldovan-Teselios, Cîrstea, Turcu, & Darab. (2018)

Los indicadores de la Tabla 10 muestran una forma efectiva de establecer el impacto y niveles de sostenibilidad de la implementación de energías renovables en el largo plazo en una nación. Los datos actuales de Colombia, contrastados con esa propuesta, muestran que aún es necesario un compromiso significativo de parte de las autoridades gubernamentales. En este contexto, llama la atención que pese al listado de factores económicos y sociales que pueden incidir en dicho índice Colombia pueda encontrar un cumplimiento de más del 50% en índices globales. En este contexto, es necesario para el sector nacional el desarrollo de políticas más sólidas que permitan incrementar los índices de confiabilidad y reducir los índices de riesgo identificados por las entidades internacionales. Los indicadores económicos definidos previamente (Tablas 5 y 6) ilustran también, de forma complementaria, la necesidad de establecer políticas que incentiven el uso y desarrollo de investigación en energías renovables en la medida en que sea posible una transferencia del riesgo o, en el mejor de los casos, la existencia de un riesgo compartido entre inversionista y gobierno.

**Tabla 11**

*Indicadores de medición de desempeño de energías renovables*









	<b>Indicador de Desempeño</b>	<b>Unidad</b>
<b>Indicadores Primarios</b>		
<b>Suficiencia Energética</b>	Crecimiento compuesto anual de intensidad de energía entre 2010 y 2030	% anual
	Intensidad de la energía	MJ/COP
<b>Energía Renovable</b>	Porcentaje de energía renovable en el suministro total de energía primaria	%
<b>Indicadores Secundarios</b>		
<b>Energía</b>	Suministro total de energía primaria	EJ/año
<b>Cambio Climático</b>	Emisiones de CO <sub>2</sub>	GtCO <sub>2</sub> /año
<b>Costos</b>	Costos de sustitución	COP/año
	Costos anuales del sistema	COP/año
	Costos Externos evitados	COP/año




*Fuente: IRENA (2017)*

La tabla 11 compila indicadores orientados a medir la eficiencia de los sistemas energéticos en un contexto particular. El requerimiento de porcentajes de uso y participación de la energía, contrario a lo que pudiera pensarse, es considerado como un indicador primario en detrimento del desempeño de factores como el costo y su participación en emisiones contaminantes. En este sentido, puede ser válido afirmar que los beneficios en estos apartados se encuentran ampliamente documentados y confirmados, por lo que factores como el desempeño y el porcentaje sobre el total de producción de otras energías cobran una relevancia más trascendental Schmidt et al (2016), abordan una definición de KPI (indicadores clave de desempeño) de las energías renovables teniendo como base el nivel y disponibilidad de la energía implementada, así como los productos que de ella pueden derivarse (Tabla 12). Posteriormente, y en función de factores como la eficiencia, disponibilidad y características del producto generado, se establecen los indicadores clave a analizar en función de las metas del usuario y el tipo de generación seleccionado.

**Tabla 12**

*Medición base de KPI*

<b>Generación y conversión de energía in situ</b>	<b>Energía producida</b>	<b>Eficiencia de conversión</b>	<b>Disponibilidad</b>
Solar	 Fotovoltaico  Solar térmico	Max. 23%	Durante el día / Sol
Eólica		Max. 40%	Viento constante
Biomasa/ Biogás	 	35 – 45%	24/7
Geotérmica	  	10 – 23% (45 - 75% w/convertidores)	24/7

Cogeneración		~ 85 %	24/7
Trigeneración		> 90%	24/7
Cuatrigeneración		> 90%	24/7
 Electricidad	 Enfriamiento	 Calor	 Captura CO2
*Cocción con carbón ** como bomba de calor			

Fuente: Schmidt et al (2016 )

**Tabla 13**

*KPI Propuestos*

KPI Propuestos	
Costo de Energía por unidad producida	IRR (Tasa Interna de Retorno)
Consumo de energía por unidad producida	PR (Radio de Desempeño)
Consumo de energía en sitio de generación	Disponibilidad de la Planta
Mejora en la eficiencia respecto al mes-año anterior	Equivalente de gases de efecto invernadero
VPN	ROI

Fuente: Schmidt et al (2016)

La tabla 13 deriva, en este contexto, en los indicadores clave de medición de la eficiencia y nivel de oportunidad de la energía seleccionada. Si bien el apartado económico es un factor importante, las comparativas de desempeño versus años y periodos anteriores permiten comparar los factores de línea base con las mediciones posteriores, determinando la idoneidad y capacidad de sistema seleccionado frente a la generación tradicional.

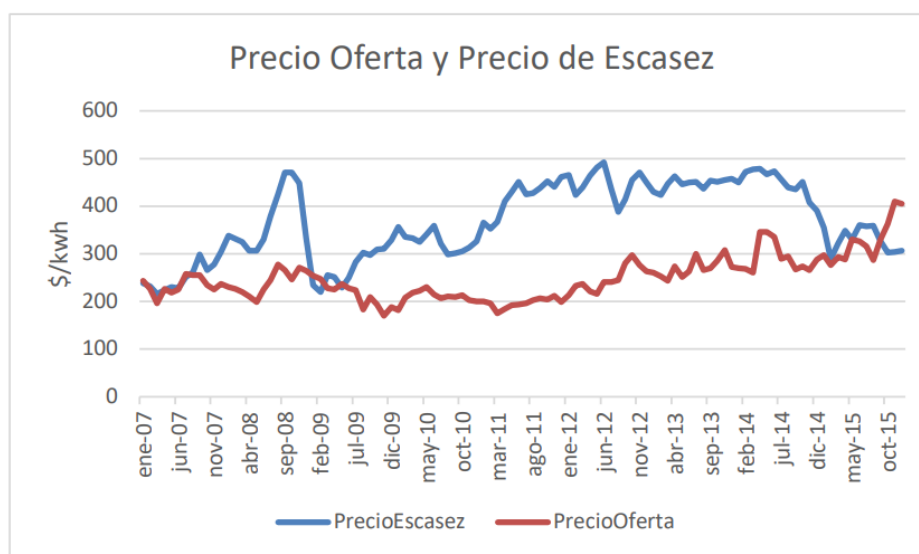
Es propicio entonces, en el contexto particular, generar indicadores propios que permitan evaluar la eficiencia de los sistemas de acuerdo a la realidad local. Si bien es adecuado establecer elementos de medición comunes como línea base de control, las características de cada segmento en el que deseen implementarse energías renovables

tendrán sus propias prioridades lo que, en el largo plazo, implica la construcción de KPI específicos a cada una de ellas.

Paralelamente, existen divergencias alrededor de la fijación de precios de la energía en el marco de la gestión de los recursos que de ella dependen. La energía producida en Colombia, siendo mayoritariamente de fuente eléctrica, presenta una alta sensibilidad en sus precios respecto de la variación de factores como el clima y el panorama socioeconómico del momento. Olarte (2017), compila las variaciones del precio del kWh en Colombia en función de la estacionalidad del recurso hídrico, mostrando cuan variable es el precio de generación en función de la disponibilidad del mismo (Figura 13)

**Figura 13.**

*Variación de precios de la energía eléctrica por generación hidroeléctrica. Colombia 2007-2015. Fuente: Olarte (2017)*

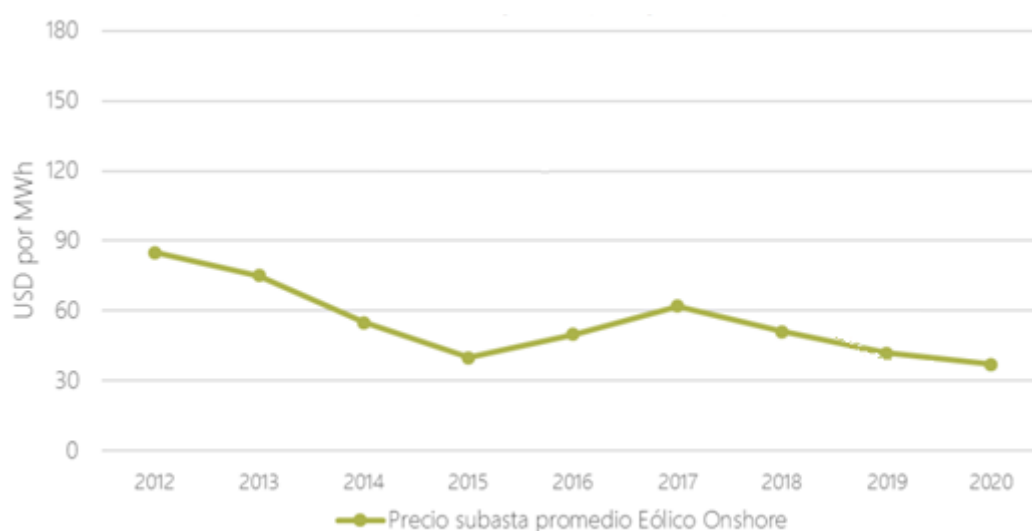


Por otra parte, las variaciones de precio de la energía eólica han tenido tendencia a la baja durante los últimos años. La figura 14 muestra los precios de subasta de la energía eólica en Colombia, teniendo datos históricos para el período 2012-2017 y proyectados para el intervalo

2018-2020. En el contexto actual, las reducciones han sido significativas en la medida en que factores como una adecuada gestión de recursos y los cambios favorables del mercado internacional han permitido un adecuado abordaje de la adquisición de infraestructura y recursos necesarios para ampliar la cobertura de este sistema de generación

**Figura 14.**

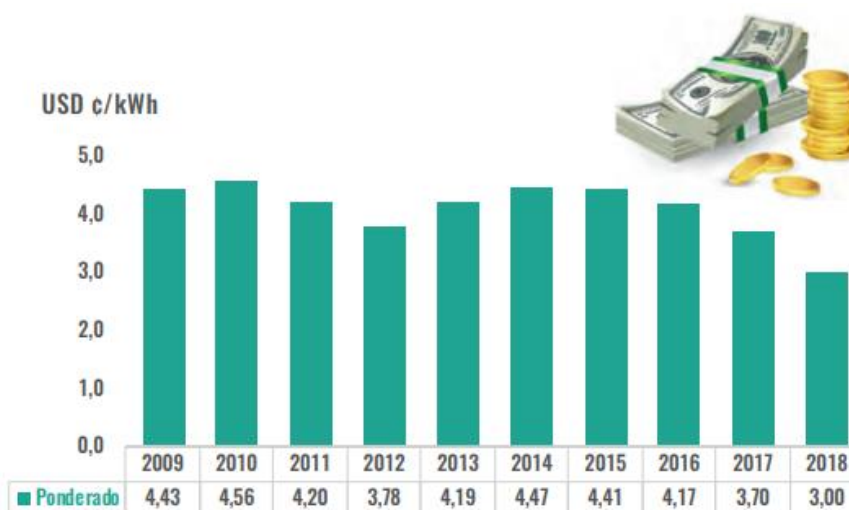
*Precio promedio energía eólica. 2012-2020. Fuente: DNP (2017)*



Ecuador, por otra parte, cuenta con estadísticas sólidas respecto a gestión de precios al consumidor. Actualmente, esta nación importa y exporta energía eléctrica con Colombia, por lo que una comparativa directa puede permitir establecer convergencias y divergencias alrededor de su sistema de distribución eléctrica. Con una significativa parte de su energía generada a través de fuentes y plantas hidroeléctricas, el costo ponderado del kWh es significativamente más bajo que el ofertado en el mercado colombiano, tal y como se compila en la figura 15, mientras que para 2014 en kWh colombiano se promedió en COP 300 pesos, en Ecuador presentó una cotización de 4.47 centavos de dólar (187 pesos colombianos)

**Figura 15.**

*Precio de venta kWh en Ecuador US c/kWh. Fuente: ARCONEL (2018)*



En contraste, el precio promediado de un kWh generado con fuentes eólicas en Ecuador promedia los USD 0.09 por kWh (REVE, 2013) (alrededor de 358 pesos colombianos), un precio similar al colombiano. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que las centrales eólicas en Ecuador son más extensas que las colombianas

Las centrales de generación eólica ecuatorianas son: Villonaco, 16,50 MW de potencia efectiva, CELEC EP – Gensur; San Cristóbal, 2,40 MW, Empresa Eléctrica Galápagos; y, Baltra, 2,25 MW, Empresa Eléctrica Galápagos (Ministerio de Energía, 2020)

Puede establecerse entonces que ambas naciones cuentan con un potencial significativo a la hora de aplicar alternativas de energía renovable. No obstante, debe tenerse en cuenta que una economía dolarizada favorece el desarrollo y el costo de los proyectos ecuatorianos respecto de su homólogo colombiano.

## Conclusiones

Las alternativas de generación de energía renovable requieren aun de un apoyo significativo de parte del estado y, en concreto, en materia de generación de políticas encaminadas a la optimización y generación de energía.

El potencial identificado de generación energética en Colombia a través de fuentes no convencionales es significativo. La variedad de condiciones climáticas propicia una notoria gama de alternativas de generación que garantizan una alta efectividad. El potencial eólico de las costas colombianas, así como el potencial solar de las regiones intermedias plantea oportunidades de aprovechamiento notorias para generación renovable

Las condiciones colombianas hacen necesaria una evaluación de las políticas de inversión. Si bien es necesario atender la inversión social debe evaluarse una autonomía energética en el mediano y largo plazo en el entendido de que las recurrentes consecuencias de los cambios climáticos locales (fenómeno del niño y de la niña) has generado numerosos impactos en las tarifas energéticas. Para este propósito, la necesidad de evaluar nuevos proyectos energéticos es imperativa, de modo que el ámbito energético tenga una independencia más notoria de factores climáticos adversos

Es necesario ampliar el estudio del potencial eólico en el país de modo que pueda contarse con una perspectiva clara de las oportunidades y limitaciones de la implementación de este tipo de proyectos. En este contexto, deben evaluarse las posibilidades de proyectos privados que permitan la determinación de las características de operación regulares de estos sistemas bajo funcionamiento normal con el fin de lograr los objetivos de reducción de emisiones fijados en los protocolos que el país ha suscrito debe evaluarse el proceso de tecnificación de las fuentes actuales. Tal y como se documentó previamente, las plantas hidroeléctricas pueden ser optimizadas a través de turbinas mejoradas que reducen emisiones

e impactos al entorno. Reducir los impactos, en el marco de los compromisos adquiridos se convierte en un imperativo para los próximos años.

Las necesidades de determinación de estrategias efectivas que permitan mitigar los aun altos costos de infraestructura requeridos para este tipo de proyectos. La necesidad de flexibilizar tarifas arancelarias y costos de importación es necesaria en el objetivo de ampliar la capacidad instalada actual de energía eólica, fotovoltaica y sus similares.

Las preconcepciones actuales alrededor de los costos de implementación de las energías renovables deben ser efectivamente abordados con el fin de incentivar la instalación de sistemas de generación domiciliarios que contribuyan a una generación más eficiente

## Recomendaciones

El contexto colombiano requiere de un análisis profundo en la gestión e implementación de energías renovables. Las características sociopolíticas y económicas existentes actualmente dificultan de forma directa la generación de políticas de implementación eficientes lo que, en mayor o menor medida, incide en las perspectivas de crecimiento de las mismas en el mediano y largo plazo.

A nivel general, es necesario evaluar las prioridades de inversión energética de la nación. Las cada vez más largas e irregulares temporadas secas han hecho que la dependencia del sector energético en la generación hidroeléctrica se vea comprometida de forma directa no solo en factores como desabastecimientos de energía sino también de agua para las poblaciones que se encuentran ubicadas aguas abajo de dichas estructuras

De forma similar, es necesario evaluar el compromiso a largo plazo de los gobiernos regionales y nacionales en la gestión de la implementación de las energías renovables. Más allá de la evidente y significativa inversión requerida de forma casi inmediata, es necesario que se establezcan tanto partidas presupuestales parciales que permitan lograr el objetivo común en el mediano plazo, como objetivos evaluables, medibles y verificables que no se vean alterados por los cambios de administración

Es necesario, en un contexto de determinación efectiva de la eficiencia de dichos sistemas en el país, establecer tanto estudio de evaluación de desempeño propios de cada piso térmico en el país. En este contexto, es necesario identificar el potencial y la eficiencia más significativa de cada región frente a cada alternativa de energía existente (eólica y solar en la región caribe, Eolica en la región andina, etc.) de modo que los indicadores de medición de efectividad de cada sistema sean positivos y justifiquen una inversión tan significativa como la requerida en el desarrollo de estos proyectos.

Debe evaluarse, en el contexto de la optimización de los recursos actuales, la tecnificación de las plantas hidroeléctricas actuales por turbinas modificadas como las descritas en apartados anteriores. Es necesario recalcar la notoria dependencia del país en este aspecto, sin embargo, las posibilidades tecnológicas actuales permiten optimizar dicho proceso de modo que se reduzca tanto el impacto ambiental que de este se derivan como la afectación al recurso hídrico derivada de ello.

Es necesario afianzar el desarrollo de investigación y tecnologías aplicables al contexto y necesidades del país. Si bien es posible encontrar una amplia y detallada oferta de equipos en cualquiera de las fuentes renovables estudiadas, es necesario ampliar el desarrollo propio, tendiente tanto a una posible reducción de costos como a una diferenciación y especialización que permita y propicie la existencia de un mercado de energías renovables nacional.

La complejidad del contexto social actual es un factor altamente influyente a la hora de otorgar inversiones significativas en este apartado. Si bien el bienestar social y la garantía de los derechos básicos a la población constituyen una prioridad inmediata, la soberanía energética debe ser evaluada como prioridad en el marco de los cambios globales actuales

En el contexto de un análisis en el mediano y largo plazo, es necesario establecer políticas efectivas que propicien la ampliación de las fuentes de generación no convencionales, estableciendo tanto políticas efectivas para el sector público y privado como alternativas que permitan que las residencias particulares se puedan adaptar, en caso de deseárselo, procesos de generación de energía autónoma según sus posibilidades y necesidades.

## Referencias

- Agudelo, F; (2017); *Implementación de Energías Alternativas en Puerto Carreño*, Vichada; Universidad Nacional Abierta y a Distancia.  
<https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/13758/1/18256626.pdf>
- André, F. De Castro, L. Cerda, E. (2012). *Las Energías Renovables en el Ámbito Internacional*. Cuadernos Económicos De ICE. <https://www.researchgate.net/publication/277269010>
- ARCONEL (2018). *Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano*. Agencia de Regulación y Control de la Electricidad. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/08/Estad%C3%ADsticaAnualMultianual2018.pdf>
- Banco Mundial, (2018); *Energía*; Panorama General.  
<https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview>
- BERC (2020). *BIOMASS ENERGY: Efficiency, Scale, and Sustainability*. Biomass Energy Resource Center. <https://www.biomasscenter.org/policy-statements/FSE-Policy.pdf>
- Born to Engineer (2017). *What Are the Most Efficient Forms of Renewable Energy?* New Jersey Institute of Technology. <https://www.borntoengineer.com/efficient-form-renewable-energy>
- Buenotempo, C. (2017). *Desarrollo de servicios climáticos para el sector energético en Europa*. Boletín de la OMM. Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo.  
[http://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/8386/1/BolIOMM\\_66\\_1%287%29.pdf](http://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/8386/1/BolIOMM_66_1%287%29.pdf)
- Cîrstea, S. D., Moldovan-Teselios, C., Cîrstea, A., Turcu, A. C., & Darab, C. P. (2018). *Evaluating renewable energy sustainability by composite index*. Sustainability, 10(3), 811.

Congreso de la Republica, (2014, 13 de mayo). *Ley 1715 del 2014*. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.

[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1715\\_2014.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html)

Cortes, S; Arango, A; (2017); *Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía*; Revista Ciencias Estratégicas, vol. 25, núm. 38.

<https://www.redalyc.org/pdf/1513/151354939007.pdf>

Dickson, M. H., & Fanelli, M. (2004). *¿Qué es la energía geotérmica?* Pisa: Instituto di Geoscienze e Georisorse, CNR.

DNP (2017). *Energy Supply Situation in Colombia*. Misión de Crecimiento Verde.

<https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Energia/MCV%20-%20Energy%20Supply%20Situation%20vf.pdf>

DNP (2017). *Energy Supply Situation in Colombia*. Misión de Crecimiento Verde.

<https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Energia/MCV%20-%20Energy%20Supply%20Situation%20vf.pdf>

DPN, (2017); *Objetivos de Desarrollo Sostenible*, Gobierno de Colombia.

<https://www.ods.gov.co/goals/7>

Dudley, D (2019). *Renewable Energy Costs Take Another Tumble, Making Fossil Fuels Look More Expensive Than Ever*. Forbes.

<https://www.forbes.com/sites/dominicdudley/2019/05/29/renewable-energy-costs-tumble/#94272be8ceaf>

El Espectador (2019, agosto 22). *¿Colombia tiene potencial en fuentes de energía renovables?*

El Espectador. En Línea. <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/colombia-tiene-potencial-en-fuentes-de-energia-renovables-articulo-877125>

EPA (2017). *Geothermal Energy*.

<https://archive.epa.gov/climatechange/kids/solutions/technologies/geothermal.html>

Espejo Marín, C. (2010). *Los nuevos paisajes de la energía solar: las centrales termo solares*.

EUROSTAT. (2018); *Estadísticas de Energía Renovable*.

[https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Renewable\\_energy\\_statistics/es](https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Renewable_energy_statistics/es)

Evans, A., Strezov, V., & Evans, T. J. (2009). *Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies*. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(5), 1082-1088.

Fernández, J; (2011); *Energías Renovables para Todos*. Biomasa;

[http://www.accionsolar.org/images\\_home/coleccinrenovables/cuaderno\\_biomasa.pdf](http://www.accionsolar.org/images_home/coleccinrenovables/cuaderno_biomasa.pdf)

Flores, J; (2015); *Energías Alternativas En Colombia Bajo La Ley 1715*.

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7462/ENERG%CDAS%20ALTERNATIVAS%20EN%20COLOMBIA%20BAJO%20LA%20LEY%201715.pdf;jsessionid=7B241E2882EEA04B505061A15FDB17A6?sequence=1>

Gil, S. Carrizo, S. (2016). *Los Senderos de las Transiciones Energéticas*. Petrotecnia.

[http://www.petrotecnia.com.ar/abril16/Sin\\_Publicidad/Senderos.pdf](http://www.petrotecnia.com.ar/abril16/Sin_Publicidad/Senderos.pdf)

Gobierno de Colombia DNP. (2018). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*.

<https://www.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx>

<https://www.ucsusa.org/resources/barriers-renewable-energy-technologies>

IRENA (2017), “*Synergies between renewable energy and energy efficiency, a working paper based on REmap*”, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi, [www.irena.org/remap](http://www.irena.org/remap)

Lastra Bravo, X. B., Coloma Martínez, J. G., Espinosa Jarrín, D., & Herrera Ronquillo, F. (2015). *Las energías renovables en la actividad turística. Innovaciones hacia la sostenibilidad*.

Malik, J. (2008). *The True Costs of Renewable Energy*. <https://www.livescience.com/5114-true-costs-renewable-energy.html>

MEN; (2018). *Colombia una Potencia en Energías Alternativas*;  
<https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>

Ministerio de Energía (2020). *Expansión de la Generación*. Plan maestro de Electricidad.  
<https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/4.-EXPANSION-DE-LA-GENERACION.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente, (2016, 11 de agosto). *Resolución 1312 del 2016*. Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental y se toman otras determinaciones.  
<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col161382.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente; (1993, 22 de diciembre). *Ley 99 de 1993*. Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones.  
<http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente; (2016, 03 de agosto). *Resolución 1283 del 2016*. Por el cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables – FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la ley 1715 del 2014 y se adoptan otras determinaciones.  
[http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/resoluciones/resolucion\\_1283\\_agt\\_2016.pdf](http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/resoluciones/resolucion_1283_agt_2016.pdf)

- Ñustes Cuellar, W. A., & Rivera Rodríguez, S. R. (2017). *Colombia: territorio de inversión en fuentes no convencionales de energía renovable para la generación eléctrica*.
- Olarte Gómez, L.P. (2017) *Análisis del comportamiento de los precios de oferta de energía eléctrica en Colombia del año 2000 al 2016*. (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín).
- ONU; (2018). *Desarrollo Sostenible*; Asamblea General de las Naciones Unidas;  
<http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- Pabón, M; Castillo, M; (2016); *Monografía De Investigación Sobre El Potencial Que Tiene Colombia Para La Implementación De Energías No Convencional*;  
<https://repository.cesa.edu.co/handle/10726/1602>
- Perdomo, M; (2008); *Importancia de la implementación de la regulación para el uso de energías Renovables en Colombia*.  
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14994/1/Articulo%20Renovables%20final..pdf>
- Recalde, M. (2017). *La Inversión en Energías Renovables en Argentina*. *Revista de Economía Institucional*. Recuperado en: <https://ssrn.com/abstract=2972806>
- Recalde, M. (2017). *La Inversión en Energías Renovables en Argentina (Investment in Renewable Energies in Argentina)*. *Revista de economía institucional*, 19(36).
- REVE (2013). *Eólica en Ecuador: Ministerio presentó el Atlas Eólico*. *Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico*. <https://www.evwind.com/2013/03/06/eolica-en-ecuador-ministerio-presento-el-atlas-eolico/>
- RISE (2020). *Indicadores Regulatorios de Energía Sostenible*. World Bank Group.  
<https://rise.esmap.org/country/colombia>
- Robayo, N; (2016); *Energías Renovables: “La Nueva Economía” y Su Impacto Ambiental*;  
Universidad Militar Nueva Granada.

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/14894/RobayoPerdomoNatalia2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Robles, C; Rodríguez, O; (2018); *Un Panorama de las energías renovables en el mundo, Latinoamérica y Colombia*; Revista Espacios. Recuperado en:

<http://www.revistaespacios.com/a18v39n34/a18v39n34p10.pdf>

Santoyo, E, Barragán, R; (2010); *Energía Geotérmica*; Ciencia.

[https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/61\\_2/PDF/EnergiaGeotermica.pdf](https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/61_2/PDF/EnergiaGeotermica.pdf)

Steamgreen (2020). *Wind Power Usage – What’s not to like!* Steamgreen.

<https://steamgreen.wordpress.com/2015/07/13/wind-power-usage-whats-not-to-like/>

The Renewable Energy Hub (2020). *The Different Types of Solar Thermal Panel Collectors*. The Renewable Energy Hub. [https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/solar-thermal-](https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/solar-thermal-information/the-different-types-of-solar-thermal-panel-collectors/)

[information/the-different-types-of-solar-thermal-panel-collectors/](https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/solar-thermal-information/the-different-types-of-solar-thermal-panel-collectors/)

UCSUSA (2017). *Barriers to Renewable Energy Technologies*. Union of Concerned Scientists.

<https://www.ucsusa.org/resources/barriers-renewable-energy-technologies>

UNESCO, (2014); *Informe De Las Naciones Unidas Sobre El Desarrollo De Los Recursos Hídricos En El Mundo*; Datos Y Estadísticas: Agua Y Energía.

<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002269/226961S.pdf>

UPME (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*.

[http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INTEGRACION\\_ENERGIAS\\_RENOVABLES\\_WEB.pdf](http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVABLES_WEB.pdf)

UPME (2019). *Proyección de Demanda de Energía Eléctrica y Potencia Máxima en Colombia Revisión Julio de 2019*. Ministerio de Minas y Energía.

[http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/Proyeccion\\_Demanda\\_Energia\\_Jul\\_2019.pdf](http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/Proyeccion_Demanda_Energia_Jul_2019.pdf)

UPME, (2017); *Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica*; Ministerio de

- Minas y Energía; [http://www1.upme.gov.co/Documents/Libro\\_PIEC.pdf](http://www1.upme.gov.co/Documents/Libro_PIEC.pdf)
- USGS (2020). *Hydroelectric Power. How it Works*. [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/hydroelectric-power-how-it-works?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/hydroelectric-power-how-it-works?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)
- Wangong, J., & Daniel, P. (2010). *Análisis a la eficiencia de las fuentes de energía renovable*. Ingenierías USBMed, 1(1), 25-31.
- WBDG (2016). *Biomass for Electricity Generation*. Whole Building Design Guide. <https://www.wbdg.org/resources/biomass-electricity-generation>
- XM (2020). *Pronóstico de demanda*. En Línea. XM: Sumando Energías. <https://www.xm.com.co/Paginas/Consumo/pronostico-de-demanda.aspx>
- Yarda, A. (2019). *Definición de Energía*. <https://conceptodefinicion.de/energia/>