

REFERENCIA AMBIENTAL FRENTE A LA MODIFICACIÓN NORMATIVA  
REFERIDA A PROYECTOS DE EXPLORACIÓN Y USO DE FUENTES DE  
ENERGÍA ALTERNATIVA VIRTUALMENTE CONTAMINANTE

SARA VICTORIA MARÍN ZULUAGA

UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DEL AMBIENTE  
BUCARAMANGA

2019

REFERENCIA AMBIENTAL FRENTE A LA MODIFICACIÓN  
NORMATIVA REFERIDA A PROYECTOS DE EXPLORACIÓN Y  
USO DE FUENTES DE ENERGÍA ALTERNATIVA  
VIRTUALMENTE CONTAMINANTE

SARA VICTORIA MARÍN ZULUAGA

MONOGRAFÍA DE GRADO  
Presentado como requisito para optar al título de  
ESPECIALISTA EN GERENCIA DEL AMBIENTE

Director  
Dr. ALBERTO CASTILLO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DEL AMBIENTE  
BUCARAMANGA

2019

## **AGRADECIMIENTOS**

A la dirección de la especialización en Gerencia del Ambiente por acogerme y ayudarme a culminar exitosamente mi proceso de formación. A mis compañeros por su apertura, afecto, apoyo y compañía.

A Alberto Castillo, quien estuvo siempre pendiente para orientarme. Para él cada paso que daba era un logro, su emotividad me llenó de confianza a cada instante. Recordándome una frase de mi padre: “El mejor maestro es el que le enseña a su alumno a creer en él”.

A mis papás por ser mi punto de apoyo y guía en este proceso. Por recordarme lo capaz que soy y alentarme a no desfallecer en el camino a pesar de las circunstancias. Como decía mi abuelo Sergio: “Sin límites, sin condiciones, sin tiempos, sin distancias”.

A mi hermano Santiago por su alegría y compañía en cada instante de mi vida. A mis abuelos, Néstor y Marina, a mi primo Camilo y mi tía Ceci por su amor incondicional.

A mis amigos, especialmente a Luis y a Manuela por su incondicionalidad, por las palabras de aliento y compartir conmigo sus sonrisas.

Y un agradecimiento infinitamente especial para mí, por demostrarme que nada es un obstáculo cuando tienes determinación y disciplina. Por recuperar el impulso cuando sentía que no quería más.

## CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN.....	13
1. OBJETIVOS.....	15
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2. METODOLOGÍA .....	16
2.1 FASES DEL PROYECTO .....	16
2.2 UNIDADES DE ANÁLISIS.....	17
3. DESARROLLO TEMÁTICO.....	19
3.1 ENERGÍA ELÉCTRICA.....	19
3.1.1 Energías no renovables.....	19
3.1.1.1 Carbón.....	19
3.1.1.2 Petróleo.....	20
3.1.1.3 Gas natural.....	20
3.1.1.4 Energía nuclear.....	21
3.1.2 Energías renovables.....	21
3.1.2.1 Energía solar.....	21
3.1.2.2 Energía eólica.....	22
3.1.2.3 Energía hidráulica.....	23

3.1.2.4 Energía a partir de biomasa .....	23
3.1.2.5 Energía geotérmica.....	23
3.1.2.6 Energía mareomotriz.....	24
3.2 FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍAS RENOVABLES (FNCER) EN COLOMBIA.....	25
3.2.1 Oportunidades de las Fncer en Colombia.....	25
3.2.1.1 Potencial de la energía eólica.....	26
3.2.1.2 Potencial de la energía solar fotovoltaica (FV).....	27
3.2.1.3 Potencial de la energía a partir de biomasa .....	28
3.2.1.4 Potencial de la energía geotérmica.....	30
3.2.2 Barreras de las Fncer en Colombia.....	30
3.3 MARCO NORMATIVO.....	32
3.4 MODIFICACIÓN NORMATIVA FRENTE A LOS PROYECTOS DE ENERGÍA ALTERNATIVA.....	34
3.5 EFECTOS DE LOS PROYECTOS DE ENERGÍA RENOVABLE SIN PREVIO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	36
3.5.1 Proyectos de generación de energía eléctrica en Colombia.....	37
3.6 CRITERIOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA EN LA NORMATIVIDAD.....	39
4. CONCLUSIONES.....	43
5. RECOMENDACIONES.....	44
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	45

7. BIBLIOGRAFÍA..... 47

## INDÍCE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Límites máximos admisibles en el vertido del agua residual (Huertas y Pinilla, 2007) .....	26
Tabla 2. Valores de irradiación promedio para diferentes regiones del país (UPME, IDEAM, 2005) .....	27
Tabla 3. Potenciales energéticos de residuos agrícolas (MADR, 2013) .....	29
Tabla 4. Potenciales energéticos de residuos pecuarios (UIS-UPME-IDEAM, 2010) .....	29
Tabla 5. Potenciales energéticos de otros residuos (UIS-UPME-IDEAM, 2010) .....	29
Tabla 6. Potenciales energéticos de fuentes de metano (CNPML, 2012) .....	30
Tabla 7. Diferencias entre el Decreto 1076/15 y el Decreto 2462/18 (Elaboración propia) .....	36

## INDÍCE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Proyectos de energía eléctrica en Colombia entre los años 2007-2019 (UPME, 2019) .....	38
Figura 2. Proyectos de generación de energía vigentes en Colombia entre los años 2007-2019 (UPME, 2019) .....	38
Figura 3. Proyectos de generación de electricidad a partir de fuentes de energía alternativa entre los años 2017 y 2019 (UPME, 2019) .....	39

## INDÍCE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Oficio respuesta radicado ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA .....	49
Anexo 2. Base de datos proyectos de generación de energía a partir de fuentes no convencionales radicados ante el ANLA .....	51
Anexo 3. Correo respuesta radicado ante la Unidad de Planeación Minero Energéticas UPME .....	52
Anexo 4. Sistema de Información Eléctrico colombiano SIEL con el registro de los proyectos de Generación de Energía Eléctrica .....	53

## LISTADO DE ABREVIATURAS

<b>ANLA</b>	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
<b>CIURE</b>	Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y fuentes no convencionales de energía
<b>CREG</b>	Comisión de Regulación de Energía y Gas
<b>DAA</b>	Diagnóstico Ambiental de Alternativas
<b>EIA</b>	Estudios de Impacto Ambiental
<b>FNCE</b>	Fuentes No Convencionales de Energía
<b>FNCER</b>	Fuentes No Convencionales de Energía Renovable
<b>FV</b>	Fotovoltaica
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>INEA</b>	Instituto de Asuntos Nucleares y Energías Alternativas
<b>IRENA</b>	Agencia Internacional Sostenible de Energías Renovables
<b>PROURE</b>	Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales
<b>RSU</b>	Residuos Sólidos Urbanos
<b>SILE</b>	Sistema de Información Eléctrico Colombiano
<b>SIN</b>	Sistema Interconectado Nacional
<b>SINA</b>	Sistema Nacional Ambiental
<b>UPME</b>	Unidad de Planeación Minero Energética
<b>ZNI</b>	Zonas no Interconectadas

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** REFERENCIA AMBIENTAL FRENTE A LA MODIFICACIÓN NORMATIVA REFERIDA A PROYECTOS DE EXPLORACIÓN Y USO DE FUENTES DE ENERGÍA ALTERNATIVA VIRTUALMENTE CONTAMINANTE

**AUTOR(ES):** Sara Victoria Marin Zuluaga

**PROGRAMA:** Esp. en Gerencia del Ambiente

**DIRECTOR(A):** Alberto Castillo

### RESUMEN

Colombia actualmente busca diversificar la matriz energética, apuntando a la promoción del desarrollo de proyectos de generación de energía con fuentes no convencionales de energía renovable (Fncer), por cuanto no generan impactos ambientales significativos y aportan a la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global. Eso ha llevado al desarrollo y modificación de normas enfocadas en el progreso de los proyectos de Fncer. Uno de los requisitos para el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica establecidos en el Decreto 1076/15 es la presentación de un Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), que tiene como finalidad evaluar y comparar diferentes alternativas de ubicación, lo cual no es aplicable para los proyectos Fncer debido a las particularidades de localización para el aprovechamiento del potencial del recurso de energías renovables. Por ello, ese requisito fue modificado en el Decreto 2462/18 donde se excluyen los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa de la presentación de un DAA. En esta revisión bibliográfica se realizó consulta ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), mediante la cual se obtuvo información que muestra un avance en el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de energías alternativas entre el año 2007 y 2019, de lo cual se puede inferir que el cambio normativo frente a estos proyectos es una de las razones por la cual se ha promovido el desarrollo de generación de energía eléctrica a partir de Fncer. Finalmente, se propusieron criterios que podrían ser establecidos para la actualización de los términos de referencia en la normatividad frente a los proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía Alternativa.

### PALABRAS CLAVE:

Energías renovables, impacto ambiental, DAA, términos de referencia

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** ENVIRONMENTAL REFERENCE VERSUS REGULATORY MODIFICATION REGARDING EXPLORATION PROJECTS AND THE USE OF VIRTUALLY POLLUTING ALTERNATIVE ENERGY SOURCES

**AUTHOR(S):** Sara Victoria Marin Zuluaga

**FACULTY:** Esp. en Gerencia del Ambiente

**DIRECTOR:** Alberto Castillo

### ABSTRACT

Colombia is currently seeking to diversify the energy matrix, aiming at promoting the development of energy generation projects with non-conventional sources of renewable energy (Ncsre), since they do not generate significant environmental impacts and contribute to the reduction of greenhouse gases (GHG) worldwide. This has led to the development and modification of rules focused on the progress of Ncsre projects. One of the requirements for the development of electric power generation projects established in Decree 1076/15 is the presentation of an Environmental Diagnosis of Alternatives (EDA), which aims to evaluate and compare different alternatives of location, which is not applicable for Ncsre projects due to the particularities of location for the exploitation of the potential of the renewable energy resource. Therefore, this requirement was amended by Decree 2462/18, which excludes projects for exploration and use of alternative energy sources from the submission of an EDA. In this bibliographic review, the National Environmental Licensing Authority was consulted (NELA) and the Mining Energy Planning Unit (MEPU), through which information was obtained showing progress in the development of alternative energy power generation projects between 2007 and 2019, from which it can be inferred that the normative change with respect to these projects is one of the reasons why the development of electric power generation has been promoted from Ncsre. Finally, criteria were proposed that could be established for the updating of the terms of reference in the regulations against projects for the generation of electricity from alternative energy sources.

### KEYWORDS:

Renewable energies, environmental impact, EDA, terms of reference

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## INTRODUCCIÓN

La energía que se consume en el mundo proviene actualmente, en su mayor parte, de fuentes no renovables, pero debido a las desventajas e impactos negativos que estas traen consigo, tales como agotamiento de recursos, degradación ambiental, y aceleración del cambio climático, se ha visto la necesidad de adoptar medidas para el fomento del desarrollo y la utilización de fuentes energéticas alternativas.

Colombia cuenta con una matriz energética relativamente rica, tanto en combustibles fósiles como en recursos renovables. Aunque el abastecimiento del país tiene un gran sustento en combustibles fósiles, en los últimos años la mayor obtención de energía en el país se ha dado a partir de la energía hidráulica, cerca de un 70% del total generado [5].

De igual manera, el país cuenta con la disponibilidad de recursos para diferentes tipos de explotación de energías renovables no convencionales como, un gran potencial solar y eólico principalmente en el Caribe, y aprovecharlos traería varios beneficios entre los cuales se encuentran: ampliar el aporte de Colombia a la reducción mundial de emisión de gases de efecto invernadero, fortalecer la autonomía energética del país y disminuir la vulnerabilidad del sector eléctrico [19].

La protección de los recursos naturales renovables en Colombia tuvo su comienzo en la década de los 70, y desde entonces se han establecido normas para cumplir con el compromiso de cooperación internacional, para mitigar los efectos de las actividades antrópicas y adaptarse al cambio climático. Fue en el 2015 que se expidió el Decreto 1076/15 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, que tiene como finalidad asegurar el desarrollo sostenible, mediante la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y medio ambiente.

Para el desarrollo de cualquier proyecto de intervención ambiental, tal y como está estipulado en el Decreto 1076/15, se hace necesaria la solicitud de una licencia ambiental, precedida por un Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), cuyos aspectos normativos están enfocados en el análisis de los criterios de localización más favorables para los proyectos de generación de energía. Teniendo en cuenta que para el aprovechamiento de energías renovables se requiere de un lugar en específico que cumple con los requerimientos técnicos que hacen viable su operación, no es aplicable la exigibilidad del DAA. Por este motivo, en diciembre del 2018 fue modificado el artículo que hacía referencia a este requerimiento mediante el Decreto 2462/18, en el cual se excluyen los proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía solar, eólica, geotermia y mareomotriz de la necesidad de presentar el DAA.

La finalidad del desarrollo y modificaciones en el ámbito normativo frente a las energías renovables es lograr el progreso de los proyectos Fncer teniendo en cuenta las áreas de potencial que presenta el país: “el desarrollo de proyectos eólicos en zonas de alto potencial, como el departamento de La Guajira; el desarrollo masivo de sistemas distribuidos de autogeneración solar fotovoltaica (FV) a pequeña y mediana escala; el desarrollo de proyectos de cogeneración a partir del aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos; el desarrollo de proyectos geotérmicos en zonas de alto potencial como el área del macizo volcánico del Ruiz; y el despliegue de proyectos con Fncer, especialmente, a través de esquemas híbridos de generación, como solución energética en zonas no interconectadas (ZNI)” [19].

Con este estudio se pretendió hacer un análisis de contenido a profundidad, sobre si se considera que el cambio normativo en el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovable, favorecen en el avance y aumento de estos en el país.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Describir los efectos del cambio normativo en el desarrollo y avance de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía Alternativa Virtualmente Contaminante en Colombia.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Establecer los aspectos que diferencian el Decreto 1076/15 y el Decreto 2462/18.

Caracterizar los efectos de los proyectos de energías renovables sin previo diagnóstico ambiental.

Identificar la importancia del cambio normativo en el progreso de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminante.

Formular los criterios para la actualización de los términos de referencia en la normatividad frente a los proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminante.

## 2. METODOLOGÍA

El presente estudio responde a una investigación de tipo analítica-descriptiva, con enfoque cualitativo de análisis a profundidad con la cual se buscó identificar elementos diferenciadores entre el decreto 1076/15 frente al Decreto 2462/18.

Este proceso se llevó a cabo en cuatro fases cada una relacionada con los objetivos específicos del estudio, cuyo análisis se realizó con base a información doctrinal, académica y de artículos de investigación.

### 2.1 FASES DEL PROYECTO

- I. Para identificar la modificación normativa del Decreto 1076/15 a través del Decreto 2462/18 se hizo un rastreo de información en fuentes digitales. Logrando ubicar los respectivos Decretos en la página web del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible donde se tiene acceso público a la información.

Dentro de las fuentes documentales se encontró el informe “Memoria justificativa para la modificación normativa en relación con la solicitud de presentar diagnóstico ambiental de alternativas en el proceso de licenciamiento ambiental para proyectos de generación eléctrica a partir de fuentes de energía renovable” de Ser Colombia Asociación de Energías Renovables, el cual argumenta la necesidad de suprimir la exigencia del DAA para los proyectos de generación de energía alternativa.

A partir de la información obtenida, se establecieron las unidades de análisis para identificar el cambio normativo entre ambos Decretos frente a los proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminante. Posteriormente se diseñó un instrumento como apoyo para la organización de la información el cual consistió en una tabla relacional (tabla 7) que permitió dar cuenta de las semejanzas y diferencias entre ambas normas.

- II. A partir de la revisión de fuentes secundarias se determinaron los efectos positivos y negativos que se pueden presentar en el desarrollo de los proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminante basados en la nueva reglamentación establecida en el Decreto 2462/18.

Se realizó contacto con la Unidad de Planeación Minero Energética UPME y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, con el fin de consultar los proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de

energía alternativa virtualmente contaminante que se están llevando a cabo desde el año 2007 hasta el presente en Colombia.

La UPME respondió haciendo énfasis en que la entidad no tramita licencias ambientales, y remitió la búsqueda de la información al Sistema de Información Eléctrico Colombiano SIEL, donde se encuentra el registro de los proyectos de Generación de Energía Eléctrica.

El ANLA facilitó la base de datos de los proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes no convencionales de energía renovable radicados en la entidad, indicando el número del expediente con los datos generales del proyecto: nombre del solicitante, nombre del proyecto, sector al que corresponde, etapa en que se encuentra y nombre del municipio donde se ejecuta la actividad.

- III. Se identificaron los elementos específicos de la normatividad que permiten el avance en el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminante en Colombia, teniendo en cuenta la importancia que estos tienen en la mitigación del impacto ambiental global.

Con base a las relaciones identificadas entre ambos Decretos (tabla 7) se buscó información que permitiera comprender la importancia del cambio normativo de los proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes no convencionales de energía renovable, para lo cual se utilizó el documento “Integración de las Energías Renovables no Convencionales en Colombia” de la UPME, el cual plantea los nichos de oportunidades y barreras de dichos proyectos.

- IV. Como aporte final de esta monografía se diseñaron los criterios que permiten la actualización de los términos de referencia en las resoluciones que estipulan la normatividad frente a dichos proyectos, basados en que el Decreto 2462/18 como norma superior suprime la obligación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas. Para lo cual, se hizo necesario analizar el documento “Términos de Referencia Para la Elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) en Proyectos de Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica”, la Resolución 1312/2016 para proyectos de fuentes de energía eólica y la Resolución 1270/2017 para proyectos de uso de energía solar fotovoltaica.

## **2.2 UNIDADES DE ANÁLISIS**

Hace referencia a las variables revisadas para identificar las diferencias entre ambos Decretos.

- Exigencia de un Diagnostico Ambiental de Alternativas DAA
- Exigencia de licencia ambiental
- Alargamiento del proceso de implementación del proyecto
- Costos adicionales

### **3. DESARROLLO TEMÁTICO**

#### **3.1 ENERGÍA ELÉCTRICA**

El sistema eléctrico es fundamental para el desarrollo de los procesos productivos de los países. Se encuentra presente en toda la cadena de producción, distribución y uso final de bienes y servicios. Además, es un elemento fundamental del avance tecnológico mundial [4]. La generación eléctrica, a nivel nacional, está destinada a ser usada como motor de la economía por la dependencia que tiene sobre la productividad del país. Su relación es directamente proporcional. “El aumento en la producción hace que el consumo de energía se incremente sustancialmente” [3].

El tipo de energía utilizada por el sistema define la matriz energética, la cual se conforma a través de sus fuentes de generación que pueden ser: renovables y no renovables [16]. A continuación, se dará una breve descripción sobre estas, sus tipos, aplicaciones, ventajas y desventajas.

##### **3.1.1 Energías no renovables**

Las energías no renovables son aquellas que existen en la naturaleza en una cantidad limitada. Es decir, no se renuevan a corto plazo y por eso se agotan cuando se utilizan. En la actualidad la demanda mundial de energía se satisface, fundamentalmente, con este tipo de fuentes energéticas, como: el carbón, el petróleo, el gas natural y la energía nuclear, las cuales se explican a continuación [9].

###### **3.1.1.1 Carbón**

El carbón es una sustancia fósil que se encuentra bajo la superficie terrestre. Es de origen vegetal, y es generada como resultado de la descomposición lenta de la materia orgánica de los bosques, acumulada en lugares pantanosos, lagunas y deltas fluviales, principalmente durante el período carbonífero.

Estos vegetales enterrados sufrieron un proceso de fermentación en ausencia de oxígeno, debido a la acción conjunta de microorganismos, en condiciones de presión y temperatura adecuados. A medida que pasaba el tiempo, el carbón aumentaba su contenido en carbono, lo cual incrementa la calidad y poder calorífico del mismo.

Este combustible fósil representa cerca del 70% de las reservas energéticas mundiales de combustibles fósiles conocidas actualmente, y es la más utilizada en la producción de electricidad a nivel mundial. Algunas de sus ventajas son que se

obtiene una gran cantidad de energía de forma sencilla, cómoda y regular y se suele consumir cerca de donde se explota, por lo que se ahorran costos de transporte. Sin embargo, su combustión y extracción presentan problemas ambientales. Cuando se produce la combustión del carbón, se liberan a la atmósfera varios elementos contaminantes como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO y NO<sub>2</sub>), y óxidos de carbono (CO y CO<sub>2</sub>), los cuales contribuyen a la generación de lluvia ácida y al efecto invernadero.

### **3.1.1.2 Petróleo**

El petróleo es una mezcla homogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos (carbono e hidrógeno), y pequeñas proporciones de nitrógeno, azufre, oxígeno y algunos metales. Procede de la transformación, por acción de determinadas bacterias, de enormes masas de plancton sepultadas por sedimentos en áreas oceánicas en determinadas condiciones de presión y temperatura. Es un compuesto líquido que se filtra a través de rocas porosas hasta encontrar una roca impermeable (arcilla) que lo retiene. El petróleo se encuentra normalmente bajo una capa de hidrocarburos gaseosos. Cuando se perfora y se llega a la capa de petróleo, la presión de los gases obliga al petróleo a salir a la superficie, por lo que suele inyectarse agua o gas para incrementar esta presión.

El petróleo crudo carece de utilidad, por lo que sus componentes deben separarse en un proceso denominado refino. Esta técnica se hace en las refinerías. Los componentes se separan en la torre de fraccionamiento calentando el petróleo. En la zona más alta de la torre se recogen los hidrocarburos más volátiles y ligeros (menor temperatura) y en la más baja los más pesados (mayor temperatura). Del refino del petróleo se extraen los siguientes productos: gases (combustibles domésticos), gasolina (combustible automóvil), queroseno (combustible aviación), gasóleo (combustibles diésel), aceites lubricantes, parafina y asfalto.

La extracción de pozos petrolíferos y la existencia de refinerías, oleoductos y buques petroleros, ocasiona derrames que afectan al suelo (pérdida de fertilidad) y al agua (que afecta a la vida marina, ecosistemas costeros). Su combustión tiene influencia sobre la atmósfera causando el efecto invernadero y la lluvia ácida.

### **3.1.1.3 Gas natural**

El gas natural es una mezcla homogénea, en proporciones variables de hidrocarburos. Su principal componente es el metano (CH<sub>4</sub>). Además, posee etano, propano y otras impurezas. El gas natural está asociado casi siempre a los yacimientos de petróleo. Aunque hay pozos que proporcionan solamente gas natural. Es un producto incoloro e inodoro, no tóxico y más ligero que el aire. Una vez extraído se elimina el agua, y este se almacena en grandes depósitos llamados

gasómetros y posteriormente se conduce mediante tuberías (gasoductos) o licuado (en camiones cisternas) a los lugares de consumo.

El gas natural es una de las fuentes de energía más empleada. Sus principales usos son como combustible en centrales térmicas, directamente como combustible (vehículos) y como combustible doméstico e industrial. También es utilizado para fabricar numerosos productos químicos. Su nivel de contaminación es bajo, comparado con otros combustibles, pues casi no presenta impurezas (algo de sulfuro de hidrógeno, H<sub>2</sub>S, que se puede eliminar antes de llegar al consumidor) y produce energía eléctrica con alto rendimiento. Es limpio y fácil de transportar.

#### **3.1.1.4 Energía nuclear**

La energía nuclear es la energía proveniente de reacciones nucleares, o de la desintegración de algunos átomos, como consecuencia de la liberación de la energía almacenada en el núcleo de los mismos. Se caracteriza por producir, además de una gran cantidad de energía eléctrica, residuos nucleares que hay que albergar en depósitos aislados y controlados durante largo tiempo. A cambio, no produce contaminación atmosférica de gases derivados de la combustión que producen el efecto invernadero ni precisa el empleo de combustibles fósiles para su operación.

#### **3.1.2 Energías renovables**

Las energías renovables son aquellas cuyo potencial es inagotable, ya que provienen de la energía que llega a nuestro planeta de forma continua. Son de fácil acceso, de bajo costo y no generan contaminación. Las principales formas de energías renovables que existen son: la biomasa, hidráulica, eólica, solar, geotérmica y las energías marinas, las cuales se explican a grandes rasgos a continuación [17]:

##### **3.1.2.1 Energía solar**

La energía procedente del sol se ha utilizado, directa o indirectamente, en numerosas actividades como agricultura, arquitectura, industria, etc. El sol puede aprovecharse energéticamente de dos formas conceptualmente diferentes: como fuente de calor, donde se observa la energía solar térmica de baja y media temperatura; y como fuente de electricidad, como la energía solar fotovoltaica y solar térmica de alta temperatura.

El principio básico de funcionamiento de los sistemas solares es sencillo: la radiación solar se capta y el calor se transfiere a un fluido (generalmente agua o

aire). Para aprovechar la energía solar térmica se usa el captador solar, también denominado colector o placa solar. El fluido calentado se puede usar directamente (por ejemplo, para calentar agua en piscinas) o indirectamente mediante un intercambiador de calor (por ejemplo, en el caso de la calefacción de una habitación).

La energía solar se puede transformar directamente en electricidad mediante células fotovoltaicas. Este proceso se basa en la aplicación del efecto fotovoltaico, que se produce al incidir la luz sobre unos materiales denominados semiconductores. De esta manera se genera un flujo de electrones en el interior del material que puede ser aprovechado para obtener energía eléctrica.

### **3.1.2.2 Energía eólica**

La energía eólica es la que contiene el viento en forma de energía cinética. Esta energía se puede transformar en otro tipo de energía como la mecánica, eléctrica, hidráulica, etc.

Una de las formas más utilizadas en la actualidad para el aprovechamiento a gran escala de la energía eólica es a través de las denominadas aeroturbinas. Estas pueden transformar la energía eólica en: energía mecánica mediante aeromotores, y energía eléctrica mediante aerogeneradores.

Hoy en día los aerogeneradores son los sistemas de aprovechamiento eólico más utilizados. Su funcionamiento se basa en que al incidir el viento sobre sus palas se produce un trabajo mecánico de rotación el cual mueve un generador que produce electricidad.

La alternativa más común de explotación de la energía eólica son los parques eólicos, los cuales consisten en sistemas formados por uno o varios aerogeneradores en el mismo emplazamiento. Estos se clasifican en tres tipos: parques eólicos interconectados, en los cuales la compañía eléctrica facilita la conexión de los aerogeneradores a la red eléctrica; parques eólicos con consumos asociados o autoconsumo, en donde la electricidad producida por los aerogeneradores se utiliza para el consumo propio y el excedente de electricidad se inyecta en la red eléctrica; y parques eólicos aislados, cuya única finalidad es abastecer energéticamente un consumo puntual.

Para la elección de las zonas de instalación de dichos parques o el aprovechamiento de la energía eólica se deben tener en cuenta parámetros como la velocidad y la dirección del viento. El viento sopla con más fuerza sobre el mar que en tierra. Por esto, las mejores localizaciones para los aerogeneradores se encuentran en el mar o cercanas a la costa con poca vegetación.

Algunas ventajas de los aerogeneradores son: su vida útil es de más de 20 años y tienen una disponibilidad del 98%. Es decir, están operativos y listos para funcionar durante el 98% de las horas del año, y sólo necesitan una revisión de mantenimiento cada 6 meses. Además, un aerogenerador de 1 MW en una buena zona eólica podría abastecer a unas 1000 familias. También sustituye unas 250 toneladas equivalentes de petróleo, con el que podrían circular unos 38 000 coches utilitarios durante 100 kilómetros.

### **3.1.2.3 Energía hidráulica**

La energía hidráulica se utiliza, fundamentalmente, para producir electricidad en las centrales hidroeléctricas. El agua, retenida en un embalse o presa se deja caer por una tubería, a cuya salida se coloca una turbina y el eje de esta comienza a girar al caer al agua. Este giro pone en marcha el generador eléctrico obteniéndose así la electricidad. Una de las grandes ventajas de la producción de electricidad con energía hidráulica es que puede ser constante y previsible, al contrario de la gran mayoría de las renovables y, por lo tanto, se puede utilizar para satisfacer la demanda eléctrica base.

### **3.1.2.4 Energía a partir de biomasa**

Fuente de energía basada en la transformación de la materia orgánica utilizando, normalmente, un proceso de combustión. Las fuentes de biomasa que se utilizan para la obtención de energía son: biomasa natural, como la leña procedente de árboles que crecen de forma espontánea (sin ser cultivados); biomasa residual, la cual se produce en explotaciones agrícolas, forestales o ganaderas. También se generan residuos orgánicos en la industria y en núcleos urbanos denominados, en este último caso, RSU (Residuos Sólidos Urbanos). Se trata de cultivos energéticos que puedan ser aprovechados energéticamente, como la remolacha y la caña de azúcar.

La biomasa también puede ser transformada de manera física, química o biológica, a partir de la cual se obtienen biocombustibles, que pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos. Entre los obtenidos para la producción de electricidad se encuentra el biogás, el cual trae como beneficio medioambiental evitar que llegue a la atmósfera un gas de efecto invernadero como el metano (CH<sub>4</sub>).

### **3.1.2.5 Energía geotérmica**

Procede de la diferencia entre la temperatura de la superficie terrestre y la de su interior, que va desde una media de 15 °C en la superficie a los 6000 °C que tiene el núcleo interno. Para producir electricidad se aprovecha la salida del vapor de las

fuentes geotérmicas, las cuales accionan turbinas que ponen en marcha generadores eléctricos. Para ello es necesario que la temperatura del agua subterránea sea superior a 150 °C. Si se usa la tecnología de ciclo binario, la temperatura puede ser de 100 °C (esta tecnología consiste básicamente en que el agua le cede el calor a otro fluido que vaporiza a menor temperatura). Estos yacimientos, que se utilizan para la producción de electricidad, son los denominados de alta temperatura.

Una de las grandes ventajas de la producción de electricidad con energía geotérmica es que no es intermitente, como ocurre con la gran mayoría de las renovables, sino que la producción es constante y previsible. Por esto se puede utilizar para satisfacer la demanda eléctrica base.

### **3.1.2.6 Energía mareomotriz**

El mar es un almacén enorme de energía. En la actualidad esta energía se puede utilizar aprovechando:

- La diferencia entre las mareas para generar electricidad. Se estima que en todo el planeta sólo se localizarían 40 ubicaciones para su explotación rentable, con un potencial total de unos 15 000 MW (algo menos del 0,01% del consumo mundial de electricidad). El principio de funcionamiento más extendido se basa en construir diques capaces de contener un gran volumen de agua, donde se instalan unas compuertas que retengan el agua durante la subida de la marea. Una vez que la marea baja, las compuertas se abren dando paso a un salto de agua que hace girar una turbina que, a su vez, pone en marcha un generador eléctrico.
- Las corrientes oceánicas que se producen, principalmente, por la acción del viento. Estas corrientes se pueden aprovechar utilizando turbinas de baja presión.
- El oleaje es otra fuente de energía renovable que alberga un gran potencial generador de energía. La energía cinética contenida en el movimiento de las olas puede transformarse en electricidad de distintas formas. Por ejemplo, las oscilaciones en la altura del agua pueden hacer subir o bajar un pistón dentro de un cilindro, moviendo de esta forma un generador eléctrico.
- El gradiente térmico de los océanos se produce por la diferencia de temperatura entre la superficie marina (20 °C o más) y la del fondo (puede oscilar entre 0 y 7 °C). Para que la generación de electricidad sea rentable se necesita que la diferencia de temperatura sea de, al menos, 20 °C entre

la superficie y la capa situada a 100 metros de profundidad, lo que sucede en los mares tropicales y subtropicales.

- La biomasa marina, con la obtención de gases combustibles a partir de ciertas algas marinas.

Aproximadamente “el 81% de la energía consumida a nivel mundial proviene de fuentes fósiles, mientras que el 19% restante proviene de fuentes renovables. Como se mostró anteriormente, estas últimas se encuentran asociadas, principalmente, con el uso tradicional de la biomasa y la hidroenergía para generación eléctrica. En una menor medida, se aprovecha la energía proveniente de fuentes como el sol, la geotermia y la biomasa para su conversión en energía térmica a través del uso de tecnologías relativamente modernas y otras fuentes como la eólica para la generación de energía eléctrica. Finalmente, se da al aprovechamiento de fuentes renovables el uso de biocombustibles en el sector transporte y tecnologías en etapas incipientes de desarrollo como es el caso de la energía de los mares en forma de mareas, oleaje, gradientes térmicos o gradientes salínicos” [15].

La dependencia mundial de los recursos fósiles disponibles en cantidades que pueden ser consideradas relativamente abundantes pero finitas, han generado en muchos países la necesidad de iniciar una transición hacia el uso de recursos renovables para la generación de energía eléctrica, que a su vez contribuyan a la reducción de emisiones de efecto invernadero y a la mitigación del cambio climático que viene experimentando el planeta [15].

### **3.2 FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA RENOVABLE (FNCER) EN COLOMBIA**

Colombia cuenta con una matriz energética relativamente rica, tanto en combustibles fósiles como en recursos renovables. Aunque el abastecimiento del país tiene un gran sustento en combustibles fósiles, en los últimos años la mayor obtención de energía en el país se ha dado a partir de la energía hidráulica, cerca de un 70% del total generado. Sin embargo, el desarrollo de proyectos de obtención de energía a partir de fuentes de energía renovable aún es escaso. Es de un 3% de la producción total. Debido a esto, aun se observan fuertes daños ambientales derivados de la producción, transporte y consumo de los combustibles fósiles. Por esa razón se ha incrementado el interés en la diversificación de la matriz energética hacia la generación de energía a partir de recursos renovables [19].

#### **3.2.1 Oportunidades de las Fncer en Colombia**

La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), teniendo en cuenta el propósito de la Ley 1715 de 2014 por mantener una baja huella de carbono y

desarrollar una industria energética ambiental, social y económicamente sostenible, en el año 2015 identificó cinco nichos de oportunidad en el ámbito de las Fuentes no convencionales de energía renovable (Fncer) en Colombia, con el fin de considerar su utilización, despliegue y desarrollo. Estas áreas de potencial identificadas fueron: el desarrollo de proyectos eólicos en zonas de alto potencial, empezando por el departamento de La Guajira; el desarrollo masivo de sistemas distribuidos de autogeneración solar FV a pequeña y mediana escala; el desarrollo de proyectos de cogeneración a partir del aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos; el desarrollo de proyectos geotérmicos en zonas de alto potencial y el despliegue de proyectos con Fncer, especialmente a través de esquemas híbridos de generación, como solución energética en ZNI.

### 3.2.1.1 Potencial de la energía eólica

Colombia cuenta con zonas específicas que tienen potencial eólico (Tabla 1). Dentro de ellas están el departamento de La Guajira y gran parte de la región Caribe, al igual que parte de los departamentos de Santander y Norte de Santander, zonas específicas de Risaralda y Tolima, el Valle del Cauca, el Huila y Boyacá [8]. La Guajira es el departamento con mayor potencial eólico en el país, el cual no ha sido significativamente aprovechado, pero desde hace varios años ha empezado a ser considerado el desarrollo de este tipo de proyectos teniendo en cuenta algunos beneficios que estos traen consigo.

<b>Tabla 1. Potencial eólico para diferentes regiones del país</b>	
<b>Área</b>	<b>Potencial eólico (MW de capacidad instalable)</b>
Costa Norte	20.000
Santander	5.000
Boyacá	1.000
Risaralda – Tolima	1.000
Huila	2.000
Valle del Cauca	500

Fuente: Huertas y Pinilla, 2007.

“El recurso eólico está en capacidad de sustituir parte del gas natural que hoy en día es utilizado para la generación de energía eléctrica, lo cual traería consigo la reducción de plantas de generación de alto costo (operación y mantenimiento) como son las plantas térmicas que operan con gas y líquidos en la región Caribe, costos que además de ser relativamente elevados, están sujetos a la volatilidad del mercado internacional. Adicionalmente, esto permitiría despachar energía más barata, y aumentar la capacidad de generación en la región Caribe que depende en buena parte de la originada en el centro del país” [19].

Esa disminución de generación térmica con fuentes fósiles representaría “un beneficio ambiental medido en términos de ahorros en emisiones de efecto invernadero, como lo plantean valores establecidos por análisis de ciclo de vida que indican factores de emisiones de 15 kg CO<sub>2</sub> eq/MWh para plantas eólicas, 450 kg

CO<sub>2</sub> eq/MWh para plantas de gas natural, 850 kg CO<sub>2</sub> eq/MWh para plantas con combustibles líquidos y 1.000 kg CO<sub>2</sub> eq/MWh para plantas de carbón” [12]. A largo plazo se reducirían eventualmente los costos de generación del sistema, lo mismo que los riesgos de racionamiento enfrentados ante los fenómenos de escasez del recurso hídrico, fuente de la que es necesario recordar que el país depende hoy en día en un 75% en promedio en términos de generación, y que representa un 70% de la capacidad instalada del SIN.

### 3.2.1.2 Potencial de la energía solar fotovoltaica (FV)

Al igual que en el caso de la energía eólica, se tienen varias razones que llevan a considerar en la energía solar FV un nicho de oportunidad con potencial para brindar beneficios importantes al sector energético nacional. “Colombia cuenta con una irradiación promedio de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/d, la cual supera el promedio mundial de 3,9 kWh/m<sup>2</sup>/d” [20].

De acuerdo con el Atlas de radiación solar de la UPME y como se muestra en la tabla 2, regiones particulares del país como La Guajira, una buena parte de la Costa Atlántica y otras regiones específicas en los departamentos de Arauca, Casanare, Vichada y Meta, entre otros, presentan niveles de radiación por encima del promedio nacional que pueden llegar al orden de los 6,0 kWh/m<sup>2</sup> /d, recurso comparable con algunas de las regiones con mejor recurso en el mundo como es el caso del desierto de Atacama en Chile o los estados de Arizona y Nuevo México en Estados Unidos.

Por otro lado, regiones como la Costa Pacífica reciben niveles por debajo del promedio, los cuales, sin embargo, siguen estando por encima de los niveles anuales promedio recibidos en Alemania [11].

<b>Tabla 2. Valores de irradiación promedio para diferentes regiones del país</b>	
<b>Región</b>	<b>Promedio irradiación (kWh/m<sup>2</sup>/día)</b>
Guajira	6,0
Costa Atlántica	5,0
Orinoquía	4,5
Amazonía	4,2
Región Andina	4,5
Costa Pacífica	3,5

Fuente: UPME, IDEAM, 2005.

Los costos de producción y los precios de la tecnología solar FV han decrecido de manera considerable, en especial de los módulos o celdas solar FV, que han llevado a que el costo nivelado de la energía solar FV, hoy en día, resulte competitivo en algunos casos con las tarifas del mercado minorista de energía eléctrica, especialmente a niveles comercial y residencial. Adicional a esto, con la implementación de pequeños sistemas de autogeneración distribuida se pueden lograr impactos positivos, como son el permitir a los usuarios generar su propia

energía, reduciendo así el riesgo de los usuarios a estar sometidos a cierta volatilidad y usuales incrementos en los costos de electricidad.

De igual manera, el uso de la energía solar FV está en capacidad de disminuir la generación de plantas térmicas de mayor impacto ambiental, teniendo en cuenta que, de acuerdo con los análisis de ciclo de vida de diferentes tecnologías, “los factores de emisiones asociados con los sistemas solar FV se encuentran en el orden de 50 kg CO<sub>2</sub> eq/MWh, frente a valores por encima de 450 kg CO<sub>2</sub> eq/MWh para plantas operadas con combustibles fósiles” [12].

### **3.2.1.3 Potencial de la energía a partir de biomasa**

La biomasa es la fuente tradicional de energía renovable de mayor participación en la canasta energética mundial. “Es así como el uso tradicional de la biomasa participa hoy con un 9% del consumo mundial de energía final, mientras que todas las otras fuentes de energía renovable (incluyendo allí los usos modernos de la bioenergía y los biocombustibles) suman entre todas un 10%” [15].

En Colombia, “de aproximadamente 62.200 GWh de electricidad producidos en el SIN en 2013, 10.804 GWh, equivalentes al 1,3% de tal generación, correspondieron al uso de biomasa o, más exactamente, al uso energético de bagazo de la caña de azúcar. Entre tanto, el uso de la biomasa para la producción de calor en la industria, representado por el uso de bagazo, leña, carbón vegetal y otros residuos (como los de la palma de aceite y el arroz, utilizados generalmente para producción exclusiva de calor), representa aproximadamente un 11% del total de energía final utilizada por tal sector de consumo” [10].

Además del uso energético a partir de biomasa que ya se realiza en Colombia, existe un gran potencial para un mayor aprovechamiento de residuos agropecuarios, tal y como se muestra en las tablas 3, 4, 5 y 6. En estas se pueden observar los potenciales representados en los residuos de 8 productos agrícolas, residuos porcinos, bovinos y avícolas, y otras fuentes de biomasa.

Existe en Colombia 15 millones de hectáreas con el potencial para desarrollar cultivos energéticos, pero actualmente no son destinadas para dicha actividad productiva. Es así como esquemas integrales de manejo de residuos de biomasa (ej. residuos del arroz, café, cacao, banano, y otros cultivos) que integren el aprovechamiento energético, sumado al eventual desarrollo de tierras productivas con objeto de cultivos energéticos han de jugar un papel importante en el crecimiento y modernización del sector agropecuario nacional y en el desarrollo del campo como tal [14]. Por tal motivo, se ha considerado necesario el desarrollo de políticas para el uso y desarrollo de la biomasa, y de esta manera aprovechar su potencial energético.

Lo anteriormente mencionado podría permitiría en un futuro al país, migrar de la dependencia energética a partir de fuentes convencionales como los combustibles fósiles, hacia otros recursos energéticos de origen renovable.

<b>Tabla 3. Potenciales energéticos de residuos agrícolas</b>				
<b>Cultivo</b>	<b>Toneladas producto (2012)</b>	<b>Residuo agrícola</b>	<b>Toneladas residuo (2012)</b>	<b>Potencial energético (TJ/año)</b>
<b>Palma</b>	1.137.984	<b>Cuesco</b>	246.714	3.428
		<b>Fibra</b>	712.946	8.845
		<b>Raquis</b>	1.206.490	8.622
<b>Caña azúcar</b>	2.681.348	<b>RAC</b>	8.741.194	42.761
		<b>Bagazo</b>	7.186.013	78.814
<b>Caña panelera</b>	1.284.771	<b>Bagazo</b>	4.817.888	52.841
		<b>RAC</b>	3.250.469	15.901
<b>Café</b>	1.092.361	<b>Pulpa</b>	2.327.929	8.354
		<b>Cisco</b>	224.262	3.870
		<b>Tallos</b>	3.303.299	44.701
<b>Maíz</b>	1.206.467	<b>Rastrojo</b>	1.126.840	11.080
		<b>Tusa</b>	325.746	3.389
		<b>Capacho</b>	254.564	3.863
<b>Arroz</b>	2.318.025	<b>Tamo</b>	5.447.359	19.476
		<b>Cascarilla</b>	463.605	6.715
<b>Banano</b>	1.834.822	<b>Raquis</b>	1.834.822	788
		<b>Vástago</b>	9.174.108	5.172
		<b>Rechazo</b>	275.223	484
<b>Plátano</b>	3.201.476	<b>Raquis</b>	3.201.476	1.374
		<b>Vástago</b>	16.007.378	9,024
		<b>Rechazo</b>	480.221	844
<b>Total</b>				<b>330.350</b>

Fuente: MADR, 2013.

<b>Tabla 4. Potenciales energéticos de residuos pecuarios</b>		
<b>Residuo pecuario</b>	<b>Promedio irradiación (kWh/m2/día)</b>	<b>Potencial energético (TJ/año)</b>
Bovino	99.168.608	84.256
Avícola	3.446.348	29.183
Porcino	2.803.111	4.308
<b>Subtotal</b>		<b>117.748</b>

Fuente: UIS-UPME-IDEAM, 2010.

<b>Tabla 5. Potenciales energéticos de otros residuos</b>		
<b>Otros residuos</b>	<b>Toneladas residuo (2008)</b>	<b>Potencial energético (TJ/año)</b>
Residuos de poda	44.811	318
Centros acopio y plazas de mercado	120.210	92
<b>Subtotal</b>		<b>410</b>

Fuente: UIS-UPME-IDEAM, 2010.

Tabla 6. Potenciales energéticos de fuentes de metano		
Fuentes de metano	Metros cúbicos de metano (2008)	Potencial energético (TJ/año)
Destilerías de etanol	11.246.861	130
Plantas de sacrificio bovino y porcino	5.130.017	59
Plantas de sacrificio avícola	780.543	9
<b>Subtotal</b>		198

Fuente: CNPML, 2012.

### 3.2.1.4 Potencial de la energía geotérmica

Colombia cuenta con zonas específicas como la zona volcánica del Nevado del Ruiz y la región de influencia de los volcanes Chiles, Cerro Negro y Azufral en la frontera con Ecuador. “Zonas en las que el recurso puede ser aprovechado para la generación de decenas de MW a muy bajos costos de producción y operación. El potencial para desarrollo de generación eléctrica a partir del recurso geotérmico en Colombia, por ahora, se estima en el orden de 1 a 2 GW” [7].

Entre sus ventajas, la energía geotérmica cuenta con la facilidad de utilizar tecnología equivalente a la ampliamente utilizada en plantas térmicas. “La diferencia con estas radica en que en lugar de hacerse necesario el uso de un combustible para obtener el vapor saturado que mueve las turbinas de generación, se hace necesaria la perforación de pozos en localizaciones estratégicas bajo las cuales yacen reservorios de agua caliente y vapor producido a partir del mismo calor de la tierra” [13].

### 3.2.2 Barreras de las Fncer en Colombia

Cada uno de los nichos de oportunidad trabajados enfrenta barreras específicas para su desarrollo e integración a nivel nacional. A continuación, se hará una breve contextualización de las barreras típicas que se dan, en general, frente al desarrollo de proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables (Fncer) [19]:

- **Incentivos erróneos, subsidios a fuentes convencionales:** Corresponden al caso de una asignación errónea o inapropiada de incentivos o subsidios a fuentes convencionales de energía, que dificultan la participación en los mercados de fuentes más convenientes desde el punto de vista ambiental y social, como es el caso de las fuentes renovables.
- **Altos costos y dificultades de financiamiento:** en la actualidad, en algunos casos, la inversión inicial específica en tecnologías renovables no convencionales sigue siendo un poco más alta que en el caso de tecnologías convencionales. Por esto, los inconvenientes de financiamiento son

particularmente notables para pequeños inversionistas que no cuentan con facilidades de crédito. Esta barrera puede ser enfrentada a través de análisis de los tipos de inversión posibles y los riesgos particulares existentes en el mercado de las energías renovables. También a través del fortalecimiento de instituciones de micro financiación que fomenten proyectos en energía limpia.

- **Barreras de mercado:** algunas de las barreras típicas para la penetración de alternativas de generación con Fncer están relacionadas con la posición dominante de tecnologías convencionales que han significado cuantiosas inversiones, las cuales dificultan la entrada de nuevas tecnologías que les compitan con posibilidad de llegar a ser más eficientes y costo efectivas. Sin embargo, los altos precios de la electricidad y su crecimiento o volatilidad pueden por sí mismos actuar como señales del mercado en pro de las energías renovables. Estas señales podrían ser efectivas de no existir mecanismos regulatorios que dificultasen su participación.
- **Competencia imperfecta:** un mercado funciona adecuadamente cuando todas las partes de un intercambio o transacción tienen igual poder de negociación. Esto hace necesario que cuando el mercado decida incorporar las fuentes no convencionales de energía renovable, desarrolle mecanismos regulatorios que permitan a los agentes pequeños y grandes competir en igualdad de condiciones con estas energías frente a las energías convencionales.
- **Externalidades:** desde el enfoque práctico existe cierto consenso general sobre las externalidades ambientales asociadas a proyectos de generación energética (según la tecnología), desafortunadamente no existe el mismo consenso frente a su valoración e importancia, ante lo cual llevarlas a términos de costos reales resulta no ser una tarea fácil.
- **Información entorno a recursos renovables:** algunas de las fallas normalmente relacionadas con la información son: la ausencia absoluta de esta, su dificultad de acceso, su dispersión, su costo, su precisión o su calidad, su anticipación y la posibilidad de utilizarla o compartirla.
- **Capital humano:** para lograr la integración y el desarrollo de nuevas tecnologías como las asociadas a las Fncer, se requiere contar con una masa crítica de personas con conocimientos técnicos y profesionales en capacidad de difundirlos, multiplicarlos y a la vez implementarlos a través del diseño, estructuración, desarrollo, construcción, operación y mantenimiento de proyectos, equipos y tecnologías.
- **Prejuicio tecnológico:** el uso tradicional de tecnologías convencionales y las capacidades construidas a través de los años para su adecuado uso y

desarrollo constituyen un capital importante que no debe ser menospreciado. Por ello se ven dificultades para migrar a nuevas alternativas como las fuentes no convencionales de energías renovables.

- **Costos transaccionales:** las actividades relacionadas con el levantamiento de información y el análisis de esta, negociaciones con posibles proveedores, socios y clientes, evaluación del riesgo, etc., tienen un costo asociado que en algunas ocasiones puede ser elevado y difícil de valorar en toda su magnitud. En el caso de las Fncer, en el que la escala de los proyectos suele ser menor a la de proyectos con fuentes convencionales, los costos transaccionales asociados con la valoración del recurso, los permisos y el licenciamiento, la negociación de contratos de venta de energía y la interconexión, entre otros, suelen ser por ende más altos por MW instalado o MWh producido.
- **Factores regulatorios e institucionales:** teniendo en cuenta que los esquemas regulatorios e institucionales desarrollados y consolidados a través de los años tienen sus bases sobre las prácticas constituidas como convencionales, es normal que estos, en principio, no se presten para la fácil implementación de cambios que den lugar a nuevas prácticas o esquemas. Por lo cual, en ocasiones, se ha hecho necesaria la implementación de algunos cambios que permitan el desarrollo e integración de las Fncer.

En el desarrollo de esta revisión será analizada, a mayores rasgos, la barrera relacionada con los factores regulatorios e institucionales, más específicamente en el cambio normativo del Decreto 1076/15 al Decreto 2462/18.

### 3.3 MARCO NORMATIVO

La protección de los recursos naturales renovables en Colombia tuvo su comienzo en la década de los 70, con la expedición de la Ley 23 de 1973, a través de la cual se concedieron facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente, el cual se concretó con la promulgación del Decreto 2811 de 1974.

La normativa colombiana en relación con las energías renovables se identifica en la Ley 51 de 1989 cuando se crea la Comisión Nacional de Energía, dentro de cuyas funciones estaba promover y contratar estudios tendientes a desarrollar fuentes y usos energéticos del país, la cual pasó a ser función del Instituto de Asuntos Nucleares y Energías Alternativas (INEA) con el Decreto 2119 de 1992 y por último de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) establecido en el Decreto 1682 de 1997. Además, en 1989 se establecieron, en el Decreto 624/89, los

beneficios tributarios de carácter ambiental para las actividades de explotación de recursos renovables y no renovables.

El Estado Colombiano, después de participar en la Convención de Río de 1992, promulgó la Ley 99 de 1993 mediante la cual se organizó el sector ambiental, se creó el Ministerio del Medio Ambiente y el SINA (Sistema Nacional Ambiental). En dicha Ley, además, se estableció la exigencia de licencia ambiental, y se indicó que el usuario debía solicitar a la autoridad ambiental la necesidad de un Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA).

Para la ejecución de dicho diagnóstico se debía cumplir con el procedimiento previsto en el Decreto 1753 de 1994, indicando que el DAA se podrá exigir para evaluar las alternativas de diseño de proyectos, obras o actividades relacionados, entre otros, con la construcción de centrales generadores de energía eléctrica.

Este Decreto 1753 fue sustituido posteriormente por el Decreto 1728 de 2002, el cual fue derogado por el Decreto 1180 de 2003, que a su vez fue derogado por el 1220 de 2005 (modificado por el Decreto 500 de 2006) y así, subsecuentemente por el Decreto 2820 de 2010 y posteriormente por el Decreto 2041 de 2014, compilado en el Decreto 1076 de 2015, a través de los cuales el trámite procesal previo de la licencia ambiental, respecto del Diagnóstico Ambiental de Alternativas, se ha mantenido casi sobre las mismas condiciones.

Con la Ley 607 de 2000 se declara el uso racional y eficiente de la energía, promoviéndose el uso de energías no convencionales y creándose el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales (PROURE), estableciendo estímulos para la educación e investigación en fuentes no convencionales de energía (FNCE). Esta ley se reglamenta mediante el Decreto 3683 de 2003 por medio del cual se crea la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y fuentes no convencionales de energía (CIURE) y se dan los lineamientos generales del PROURE.

Como resultado de la solicitud hecha en La Conferencia Sobre Cambio Climático (COP19), de que todos los países deben contribuir para poder cumplir con el objetivo global en relación con energías renovables, gestión eficiente de la energía y reducción de GEI, el Estado Colombiano emitió la Ley 1715 de 2014 que desarrollo una política para la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, por medio de incentivos tributarios a proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía y Gestión Eficiente de la Energía. Dicha ley se reglamenta a través de: el Decreto 2469 de 2014 por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración. Además, el Decreto 2492 de 2014 en el cual el Ministerio de Minas y Energía asignó a la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) establecer un sistema de tarifas que permita incentivar económicamente el uso más eficiente

de la infraestructura y la reducción de los costos en la prestación del servicio de energía.

En el Decreto 1076 de 2015 se expide el Decreto Único y Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual hace referencia a los lineamientos para el desarrollo de proyectos de Generación de energía a partir de Fuentes no convencionales de Energía Renovable en cuanto a licencia ambiental y Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA). Dicho Decreto fue modificado por el Decreto 2462 de 2018.

Esos han sido los principales cambios normativos que se han dado, a nivel nacional, en cuanto al cuidado del medio ambiente y el desarrollo en el ámbito energético.

Adicionalmente, en Colombia se han establecido normas para cumplir con el compromiso de cooperación internacional, frente a los efectos de las actividades antrópicas capaces de causar efectos sobre la capa de ozono y, más recientemente, para mitigar los efectos y adaptarse al cambio climático.

Entre las anteriores, se encuentran: ley 30 de 1990 que aprobó el convenio de Viena de 1985, la cual presenta medidas para proteger la salud humana y el medio ambiente frente a cambios de la capa de ozono; la Ley 29 de 1992 que aprobó el Protocolo de Montreal, la cual habla sobre el control de sustancias que afectan la capa de ozono; la Ley 164 de 1994 por la que se aprobó la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático; la Ley 629 de 2000 que aprobó el Protocolo de Kioto, e incluye dentro de sus medidas el fomento de la investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía; la Ley 1884 de 2017 aprobatoria del Acuerdo de París (COP21), cuyo objetivo es reforzar la respuesta mundial al aumento del cambio climático; y la Ley 1665 de 2013, en la cual se establece el Estatuto de la Agencia Internacional Sostenible de Energías Renovables (IRENA).

### **3.4 MODIFICACIÓN NORMATIVA FRENTE A LOS PROYECTOS DE ENERGÍA ALTERNATIVA**

Como se mencionó anteriormente, en el Decreto 1076 de 2015 se expide el Decreto Único y Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, cuyo objetivo es orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible. Específicamente, a la normatividad referente a la producción de energía a partir de fuentes de energías renovables, este Decreto hacía referencia en el numeral 7 del artículo 2.2.2.3.4.2., del Decreto 1076/15 que *“Los interesados en los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminante con*

*capacidad instalada superior a (10) MW, deberán solicitar pronunciamiento a la autoridad ambiental competente sobre la necesidad de presentar el Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA)”.*

Dicha exigencia fue evaluada y analizada teniendo en cuenta que la finalidad del DAA es buscar que el desarrollo de un proyecto genere los menores impactos posibles enfocados en el análisis de criterios de localización más favorables, y los proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables presentan particularidades de localización para el aprovechamiento del potencial del recurso de la energía solar, eólica, geotérmica y mareomotriz.

Por esa razón se hace inviable plantear alternativas para este tipo de proyectos, ya que no es posible cambiar de localización de un lugar a otro, dado que ese sitio en específico cumple con los requerimientos técnicos que hacen viable su operación, por lo que no es aplicable la exigibilidad del DAA.

Además, este tipo de proyectos tienden a ubicarse en zonas con susceptibilidad ambiental muy baja. Por lo tanto, la magnitud de los impactos es baja, ya que estos en general no generan emisiones atmosféricas, alteraciones al suelo, a las aguas, a la fauna y a la flora ni emisión de ruido [18].

Debido a lo anteriormente mencionado y adicional a que esta medida normativa establecía un paso previo al trámite de licenciamiento ambiental, lo que generaba demoras y mayores costos para los proyectos Fncer, lo cual no contribuía a propiciar el desarrollo de estos, en diciembre del último año esta exigencia fue modificada mediante el Decreto 2462/18, en el artículo 1, el cual establece que ***“Deberán solicitar pronunciamiento a la autoridad ambiental competente sobre la necesidad de presentar el Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminantes que provienen de biomasa para generación de energía con capacidad instalada superior a diez (10) MW, excluyendo los que provienen de fuentes de energía solar, eólica, geotermia y mareomotriz”.***

Igualmente, cabe aclarar que la definición de criterios de localización como parte de las variables técnicas del proyecto es un elemento fundamental en el objetivo de optimizar los beneficios de los proyectos Fncer. Debido a ello sus desarrolladores presentan, en la propuesta del proyecto para el licenciamiento ambiental, las variables bajo las cuales se hace la elección de la localización del mismo. Es decir, priorizando terrenos planos que no impliquen la demanda de grandes cantidades de recursos naturales, expresados como mínima remoción de cobertura de recursos naturales, movimientos de tierra para adecuación de terreno y construcción de accesos. También menores distancias para la conexión a las subestaciones de la red nacional.

En la tabla 7 se presentan, de manera más clara, las diferencias entre ambos decretos frente a los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminantes. Estos criterios fueron tomados como un contra para el favorecimiento del desarrollo de dichos proyectos, pues como fue mencionado anteriormente la exigencia de un DAA no solamente era un paso inviable frente a las energías alternativas, sino que además generaba costos adicionales y más tiempo en el proceso, lo cual era un factor que no permitía la integración de este tipo de energías en el país.

<b>Tabla 7. Diferencias entre el Decreto 1076/15 y el Decreto 2462/18</b>		
<b>Criterio</b>	<b>Decreto 1076/15</b>	<b>Decreto 2462/18</b>
Exigencia DAA	✓	
Exigencia licencia ambiental	✓	✓
Alargamiento del proceso	✓	
Costos adicionales	✓	

Fuente: Elaboración propia.

### **3.5 EFECTOS DE LOS PROYECTOS DE ENERGÍA RENOVABLE SIN PREVIO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

El Diagnóstico Ambiental de Alternativas tiene como objeto suministrar la información para evaluar y comparar las diferentes opciones bajo las cuales sea posible desarrollar un proyecto, obra o actividad. “Las diferentes opciones deberán tener en cuenta el entorno geográfico y sus características ambientales y sociales, análisis comparativo de los efectos y riesgos inherentes a la obra o actividad, y de las posibles soluciones y medidas de control y mitigación para cada una de las alternativas. Este debe incluir el objetivo, alcance y descripción del proyecto, la información sobre la compatibilidad del proyecto con los usos del suelo, identificación y análisis comparativo de los potenciales riesgos y efectos sobre el medio ambiente e identificación de las comunidades” [2].

Debido a que para los proyectos de generación de energías renovables no convencionales el DAA no es aplicable, “se ha planteado realizar una evaluación preliminar basada en información oficial que determina las áreas con potencial para la obtención del recurso, oportunidades de conexión a nivel nacional y regional, definición de alertas tempranas teniendo en cuenta los componentes físicos, bióticos y sociales, los aspectos socioeconómicos y culturales del área, planes, programas y esquemas de ordenamiento, y valoración de los impactos” [18]. Este estudio garantiza que los proyectos realizados son viables y no generaran efectos negativos frente a los elementos ambientales y socioeconómicos. A continuación, se muestra la ruta metodológica utilizada para llevar a cabo el estudio de pre-factibilidad:

Inicialmente se determina el potencial del recurso basados en el diagnóstico de implicaciones socio ambientales desarrollado por la UPME, en el cual identifica las zonas del país en las cuales se cuenta con mayor potencial para los diferentes recursos.

Posteriormente, cada proyecto presentará un estudio de conexión y un estudio de capacidad que viabilice su operatividad y su viabilidad ambiental. Para analizar cuáles son los puntos de conexión se toma como referencia lo definido por la UPME en los Planes de Expansión de Generación-Transmisión.

Una vez definidas las conexiones viables, se construye una ventana de análisis ambiental. Para esto, existen varias herramientas que centralizan información a nivel de cuencas, áreas protegidas, iniciativas de conservación, restauración, presencia de comunidades en el territorio y proyectos de desarrollo existentes, a través de las cuales se identifican las variables ambientales y sociales, que permiten considerar en la fase de planeación las principales implicaciones, posibilidades y condicionantes dentro de un área preliminar de estudio.

Finalmente, se analizan los potenciales impactos asociados al desarrollo de los proyectos, que se pueden generar sobre los medios físico, biótico y socioeconómico. El resultado de esta etapa es priorizar áreas ambientalmente viables, revisar puntos críticos y cualificar el impacto.

### **3.5.1 Proyectos de generación de energía eléctrica en Colombia**

Se realizaron consultas ante la Unidad de Planeación Minero Energética-UPME y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, acerca de los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminante.

En la figura 1 se muestran los proyectos de energía eléctrica desarrollados en Colombia entre enero del año 2007 y mayo del año 2019, información obtenida mediante la Unidad de Planeación Minero Energética-UPME. En esta se puede observar que la mayor obtención de energía en Colombia se da a partir de energía hidráulica y que los proyectos de generación de energía a partir de energías alternativas ha aumentado. Además, las más desarrolladas son la energía solar, eólica y a partir de biomasa.

También se puede observar que en los cinco meses evaluados del presente año se han desarrollado 193 proyectos a partir de energía alternativa, lo que equivale al 49% de los proyectos desarrollados el último año. Es decir, durante doce meses. De estos resultados, puede inferirse que el cambio normativo dado en diciembre del 2018 podría ser uno de los factores que ha permitido un avance en el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de energías alternativas.

Year	BIOMASA	EÓLICO	GEOTÉRMICO	HIDRÁULICO	OTROS	SOLAR	TÉRMICO	Total
2007				4			2	6
2008				3			21	30
2009	1			14				15
2010				20			1	21
2011	1			33			18	52
2012		1		77				78
2013	1			27			3	31
2014	2			74		1	3	80
2015		4	1	47			8	60
2016	8	1		51		122	5	187
2017	6	4		62	1	223	2	298
2018	9	13		62		279	33	426
2019	5	14		36		138	25	218
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>37</b>	<b>1</b>	<b>546</b>	<b>1</b>	<b>763</b>	<b>121</b>	<b>1502</b>

Figura 1. Proyectos de energía eléctrica en Colombia entre los años 2007-2019. (UPME, 2019).

En la figura 2 se muestran los proyectos de generación de energía eléctrica vigentes para el mes de mayo del año 2019. Específicamente, en la figura 3 se observan los proyectos vigentes para cada una de las fuentes de electricidad a partir de energía alternativa. Esta nos muestra que el 30% de los proyectos iniciados en el año 2017 y el 70% de los iniciados el 2018 siguen en desarrollo, mientras que siguen vigentes todos los proyectos iniciados en el presente año.

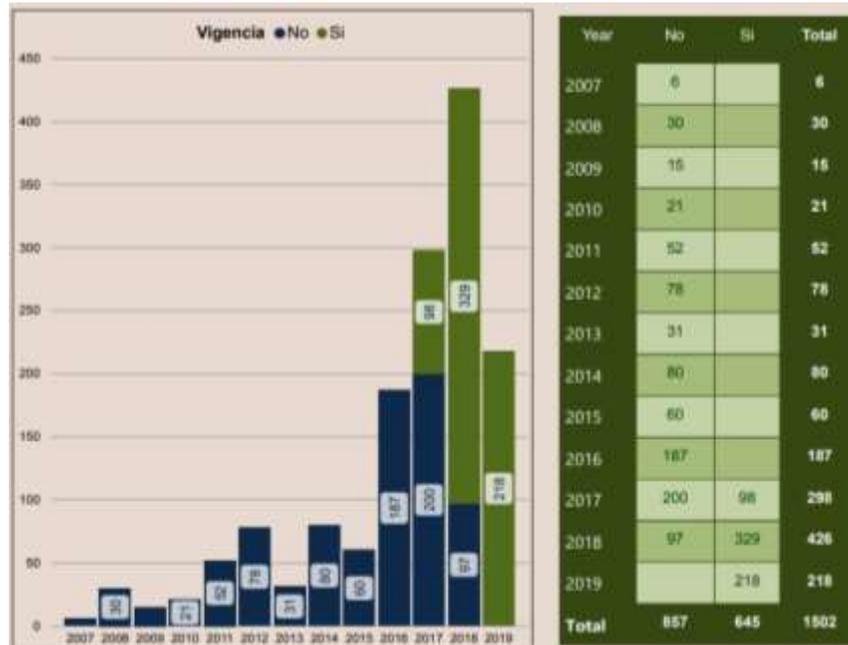


Figura 2. Proyectos de generación de energía eléctrica vigentes en Colombia entre los años 2007-2019. (UPME, 2019).

Year	BIOMASA	EÓLICO	HIDRÁULICO	SOLAR	TÉRMICO	Total
2017	2	2	34	60		98
2018	6	11	80	205	27	329
2019	5	14	36	138	25	218
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>27</b>	<b>150</b>	<b>403</b>	<b>52</b>	<b>645</b>

Figura 3. Proyectos de generación de electricidad a partir de fuentes de energía alternativa entre los años 2017 y 2019. (UPME, 2019).

En la consulta realizada a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA se obtuvo información de dos proyectos de generación de electricidad, a partir de energías alternativas, radicados en dicha entidad en el año 2018. Es posible que el reducido número de proyectos obtenidos sea debido a que en el ANLA solo se tramitan proyectos de generación de energía eléctrica mayores a 100MW, los demás son tramitados por las Corporaciones Ambientales Regionales.

### 3.6 CRITERIOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA EN LA NORMATIVIDAD

El Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales establecieron en el año 2016 los “Términos de Referencia Para la Elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) en Proyectos de Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica”, con la finalidad de que la Autoridad Ambiental pueda tener una visión general de las diferentes alternativas, las particularidades de los medios en donde se pretenden desarrollar y los impactos de cada proyecto. A continuación, se muestran los términos de referencia [1]:

- I. **Objetivos:** se deben definir los objetivos generales y específicos del proyecto, teniendo en cuenta el alcance de la solicitud.
- II. **Generalidades:** en este ítem deben incluirse los antecedentes relacionados al proyecto, el alcance del estudio y deben identificarse y delimitarse los vacíos de información en los diferentes medios (abiótico, biótico y socioeconómico) y la manera como se abordarán en el DAA, y debe establecerse la metodología en la cual se especifica si el DAA será elaborado con información secundaria, siempre y cuando la misma sea suficiente y consistente para analizar el área de estudio, o si será recopilada información primaria.
- III. **Descripción del proyecto:** en este ítem se incluyen la localización geográfica y político-administrativa de las alternativas propuestas para el

desarrollo del proyecto, y se deben especificar los objetivos y las características ambientales generales de cada una de las alternativas.

- IV. **Área de estudio:** esta área de estudio debe fundamentarse en las características técnicas de las alternativas, la localización geográfica y político-administrativa, las características ambientales del lugar donde se pretende desarrollar el proyecto, obra o actividad, y la cartografía e información temática más reciente que se encuentre disponible.
- V. **Caracterización del área de estudio:** para la caracterización del área de estudio se debe tener en cuenta que la información secundaria utilizada en el desarrollo del DAA sea validada en campo (puntos de observación o control), de manera que dicha información sea representativa de las condiciones actuales y corresponda a la escala del proyecto. Esta caracterización debe incluir la descripción del medio abiótico, medio biótico y medio socioeconómico.
- VI. **Identificación y comparación de alternativas:** en este ítem se lleva a cabo la evaluación y selección de alternativas; se describen los criterios relacionados con los aspectos técnicos, medio abiótico, medio biótico y medio socioeconómico de cada alternativa; se deben identificar los impactos potenciales a generarse con el desarrollo del proyecto, diferenciándolos para cada una de las alternativas propuestas; y finalmente se realiza el análisis costo-beneficio ambiental de cada una de las alternativas.
- VII. **Análisis de riesgos:** se debe realizar un análisis de amenazas (exógenas y endógenas) a nivel cualitativo para cada una de las etapas del proyecto (construcción, operación, desmantelamiento y abandono) para cada alternativa analizada.
- VIII. **Zonificación ambiental:** se debe zonificar teniendo en cuenta la sensibilidad ambiental del área ante el desarrollo del proyecto y los componentes del ambiente que podrían ser afectados por el mismo. Esta debe incluir, áreas de especial importancia ecológica, instrumentos de ordenamiento y planificación, áreas de recuperación ambiental, áreas de riesgo natural y áreas de importancia social.
- IX. **Análisis comparativo de las alternativas (ventana de análisis):** teniendo en cuenta los criterios descritos anteriormente y luego de especificar los aspectos básicos que inciden en la viabilidad de cada alternativa, se debe seleccionar y justificar la alternativa ambientalmente óptima para el desarrollo del proyecto.

Se plantea que debe incluirse de manera específica en los “Términos de Referencia Para la Elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas DAA- en Proyectos

de Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica”, la necesidad de que debe quedar de manera expresa en el mismo, la referencia de que quedan excluidos los proyectos analizados en el presente trabajo “Referencia Ambiental Frente a la Modificación Normativa Referida a Proyectos de Exploración y Uso de Fuentes de Energía Alternativa Virtualmente Contaminante”.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, y basados en lo establecido en el Decreto 3570/11 en el artículo 2.2.2.3.3.2: “*Los términos de referencia son los lineamientos generales que la autoridad ambiental señala para la elaboración y ejecución de los estudios ambientales que deben ser presentados ante la autoridad ambiental competente*” y que adicionalmente estos permiten garantizar la estabilidad ambiental del entorno donde se lleve a cabo un proyecto, se proponen algunos criterios que podrían establecerse para la actualización de los términos de referencia en la normatividad frente a los proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía Alternativa Virtualmente contaminante, los cuales pueden ser elaborados a partir de información secundaria. Dichos criterios se muestran a continuación:

- I. El formulador del proyecto debe demostrar que se tengan los recursos técnicos, tecnológicos, financieros, humanos para el desarrollo del proyecto, y determinar que la localización de este cuenta con la disponibilidad de los elementos bióticos y abióticos que garanticen que se mantenga en el tiempo.
- II. Tener información que dé cuenta del adecuado manejo ambiental, del manejo de los recursos económicos y la forma en que se generará un valor agregado en la calidad de vida de la comunidad donde reside el proyecto. De esta manera cumplir con los tres aspectos que identifican un proyecto sostenible, ámbito ambiental, económico y social.
- III. Demostrar que tenga los recursos financieros suficientes para los imprevistos, riesgos, indemnizaciones que pueden darse en el desarrollo del proyecto, de manera que garantice la sostenibilidad y sustentabilidad del mismo.
- IV. Planear adecuadamente las actividades a desarrollar y aquellas que den cuenta del uso de los recursos naturales, de tal manera que garantice la conservación de los recursos para las futuras generaciones.
- V. Favorecer la organización social de las comunidades a partir de la toma de decisiones consensuadas, y propender por beneficios económicos que puedan ser distribuidos equitativamente entre los actores participantes del proceso.
- VI. Realizar el ordenamiento de los recursos que permitan determinar las estrategias y metodologías adecuadas para su intervención.

**VII.** Calcular el impacto ambiental sobre los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos, generando planes de contingencia y de mitigación.

Adicional a los términos de referencia frente al Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), se han establecido términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de los proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes no convencionales de energía renovable, en la Resolución 1312/16 para proyectos de uso de fuentes de energía eólica y en la Resolución 1670/17 para proyectos de uso de energía solar fotovoltaica.

#### **4. CONCLUSIONES**

La diferencia entre el Decreto 1076/15 y el Decreto 2462/18, radica en que en el primero se exigía un DAA y en el último no. La razón es que este requisito pretendía que se identificara cuál era la mejor localización para el desarrollo de un proyecto y en los proyectos de energía renovable existen localizaciones específicas que brindan las condiciones necesarias para que este se lleve a cabo.

Excluir los proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminante de la presentación de un DAA, disminuye los costos y las demoras para la implementación de estos, lo cual contribuye a su desarrollo.

Según los datos estadísticos obtenidos de la UPME y la ANLA se ha presentado un aumento del 49% en el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminante, después del cambio normativo, a través del Decreto 2462/18, con respecto a los proyectos presentados en el año 2018.

Se identificó que la eliminación de la exigencia de un DAA para los proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminante se reemplazó por la solicitud de un estudio de prefactibilidad con información secundaria, con el fin de garantizar que los proyectos que se lleven a cabo sean viables y generen los mínimos impactos sociales y ambientales posibles.

Es importante que se mantenga el cumplimiento de algunos de los criterios de los términos de referencia para garantizar la estabilidad ambiental y social en el entorno donde se realiza el proyecto.

## 5. RECOMENDACIONES

Realizar actividades y campañas para la socialización y difusión de los cambios en las políticas.

Hacer estudios de seguimiento a los proyectos que se implementen a partir del cambio normativo del Decreto 1076/15 a través del Decreto 2462/18 de manera que se pueda evaluar si genera impactos positivos o negativos en el medio ambiente.

Actualizar los “Términos de Referencia Para la Elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas DAA- en Proyectos de Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica” donde queden excluidos los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminante, basados en la nueva reglamentación establecida en el Decreto 2462/18.

Implementar los criterios propuestos en el presente estudio aplicables a los proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminante, con el fin de buscar que los proyectos aprobados aseguren la sostenibilidad ambiental de los entornos.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES ANLA. (2016). Términos de referencia para la elaboración del diagnóstico ambiental de alternativas DAA- en proyectos de transmisión de energía eléctrica. Bogotá.
2. AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES ANLA. (s.f.). [portal.anla.gov.co/diagnostico-ambiental-alternativas](http://portal.anla.gov.co/diagnostico-ambiental-alternativas). Obtenido de <http://portal.anla.gov.co/diagnostico-ambiental-alternativas>.
3. BARRETO NIETO, C. A., & CAMPO ROBLEDO, J. (2012). Relación a largo plazo entre consumo de energía y PIB en América Latina: Una evaluación empírica con datos panel. *Ecos de Economía*, 73-89.
4. CASTILLO, Y., CASTRILLÓN GUTIÉRREZ, M., VANEGAS CHAMORRO, M., VALENCIA, G., & VILLICAÑA, E. (2015). Rol de las fuentes no convencionales de energía en el sector eléctrico colombiano. *Prospectiva*, 13(1), 39-51.
5. CORTÉS, S., & ARANGO LONDOÑO, A. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. *Ciencias Estratégicas*, 375-390.
6. ERBETTA MATTIG, I. (2010). Predicción de la potencia para la operación de parques eólicos. Santiago de Chile.
7. HARALDSSON, I. (2013). Geothermal activity in South America: Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador and Peru. *La Geo*.
8. HUERTAS, L., & PINILLA, A. (2007). Predicción de parques eólicos como herramienta de planeación. Bogotá, Colombia.
9. I.E.S CUENCA MINERA. (s.f.). [www.juntadeandalucia.es](http://www.juntadeandalucia.es). Obtenido de <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centrostitic/21700290/helvia/sitio/upload/TEMA2.pdf>.
10. MINISTERIO DE AGRICULTURA. (2013). [www.agronet.gov.co](http://www.agronet.gov.co). Obtenido de <http://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Noticia842.aspx>.
11. NREL. (2008). Photovoltaic solar resource of the United States.
12. NREL. (2013). Life cycle assessment harmonization results and findings.
13. OLADE. (2013). Geothermal energy in Andean Countries.

14. PERFETTI, J. J., BALCÁZAR, Á., HERNÁNDEZ, A., & LEIBOVICH, J. (2013). Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia. Bogotá, Colombia: La Imprenta Editores S.A.
15. REN 21. (2014). Renewables 2014 global status report. París, Francia.
16. RODRÍGUEZ MURCIA, H. (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. Revista de Ingeniería.
17. SCHALLENBERG RODRÍGUEZ, J., PIERNAVIEJA IZQUIERDO, G., HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, C., UNAMUNZAGA FALCÓN, P., GARCÍA DÉNIZ, R., DÍAZ TORRES, M., SUBIELA ORTIN, V. (2008). Energías renovables y eficiencia energética. Canarias, España.
18. SER COLOMBIA ASOCIACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES. (2018). Memoria justificativa para la modificación normativa en relación con la solicitud de presentar diagnóstico ambiental de alternativas en el proceso de licenciamiento ambiental para proyectos de generación eléctrica a partir de fuentes de energía renovable. Bogotá.
19. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. Bogotá, Colombia: La Imprenta Editores S.A.
20. UPME, & IDEAM. (2005). Atlas de radiación solar de Colombia.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. (2009). Resource assessment for livestock and agro-industrial wastes-colombia. Colombia.

COLOMBIA. CANCELLERÍA COLOMBIANA. Decreto 624. (30, marzo, 1989). Bogotá, D.C., 1989.

COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Ley 51. (25, octubre, 1989). Bogotá, D.C., 1989.

COLOMBIA. DIARIO OFICIAL CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 1715. (13, mayo, 2014). Bogotá, D.C., 2014.

COLOMBIA. INSTITUTO HUMBOLDT. Ley 99. (22, diciembre, 1993). Bogotá, D.C., 1193.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Ley 607. (2, agosto, 2000). Bogotá, D.C., 2000.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE. Decreto 1753. (3, agosto, 1994). Bogotá, D.C., 1994.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE. Decreto 2811. (18, diciembre, 1974). Bogotá, D.C., 1974.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE. Ley 23. (19, diciembre, 1976). Bogotá, D.C., 1976.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1076. (26, mayo, 2015). Bogotá, D.C., 2015.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 3570. (27, septiembre, 2011). Bogotá, D.C., 2011.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 2820. (5, agosto, 2010). Bogotá, D.C., 2010.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1670. (15, agosto, 2017). Bogotá, D.C., 2017.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1312. (26, agosto, 2016). Bogotá, D.C., 2016

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 2492. (3, diciembre, 2014). Bogotá, D.C., 2014.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 2460. (2, diciembre, 2014). Bogotá, D.C., 2014.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 3683. (19, diciembre, 2003). Bogotá, D.C., 2003.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 2119. (31, diciembre, 1992). Bogotá, D.C., 1992.

RAMÍREZ TREVIÑO, A., SÁNCHEZ NÚÑEZ, J. M., & GARCÍA CAMACHO, A. (2003). El desarrollo sustentable: interpretación y análisis. Revista del Centro de Investigación de la Universidad la Salle, 55-55.

UIS, UPME, & IDEAM. (2010). Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA UPME. (2019). Informe de registro de proyectos de generación. Bogotá, Colombia.

UPME. (2015). Plan de expansión de referencia generación-transmisión 2017-2031.

## ANEXOS

Anexo 1. Oficio respuesta radicado ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA.



GRUPO DE ATENCIÓN AL CIUDADANO



Radicación: 2019076732-2-001

Fecha: 2019-06-12 10:35 Proceso: 2019076732 Anexo:  
Trámite: 03-15DPE - Derecho de Petición de Interés General  
Remite: 4.5-GRUPO DE ATENCIÓN AL CIUDADANO  
Destinatario: SARA VICTORIA MARIN ZULUAGA

4.5

Bogotá, D.C., 12 de junio de 2019

Señora  
**SARA VICTORIA MARIN ZULUAGA**  
Dirección Electrónica: [saravmarinz@gmail.com](mailto:saravmarinz@gmail.com)

Asunto: Respuesta radicado ANLA No. 2019076732-1-000 del 06 de junio de 2019, en el cual requiere información relacionada a proyectos de fuentes de energía renovable.

Respetada señora Sara:

En relación con el oficio del asunto, nos permitimos remitir en adjunto un archivo Excel con la información de proyectos de fuentes de energía renovable de conformidad con su solicitud, donde se indica de manera detallada el número de expediente con su respectivo nombre, el solicitante, el sector al que le corresponde, la etapa en que se encuentra y el nombre del municipio en que se ejecuta la actividad; según datos obtenidos del Sistema de Información de Licencias Ambientales -SILA.

Ahora bien, esta Autoridad cuenta con un aplicativo denominado "*Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea (VITAL)*", como sistema centralizado de cobertura nacional a través del cual se direccionan y unifican todos los trámites administrativos de licencia ambiental, planes de manejo ambiental, estudios de impacto ambiental, permisos, concesiones y autorizaciones ambientales. En consecuencia, si es de interés la consulta de estudios ambientales y demás documentos adelantados dentro de los expedientes lo puede hacer desde el aplicativo, ingresando en el siguiente link: [http://vital.anla.gov.co/SILPA\\_UT\\_PRE/ReporteTramite/ReporteTramiteCP.aspx](http://vital.anla.gov.co/SILPA_UT_PRE/ReporteTramite/ReporteTramiteCP.aspx) como también puede visualizar el instructivo de consulta ingresando al siguiente enlace: <https://youtu.be/clicqZcNdsU>

De igual manera, dada la naturaleza de documentación pública que le asiste a los expedientes y su documentación técnica anexa, esta puede ser consultada en cualquier momento y por cualquier ciudadano directamente en el Centro de Atención al Ciudadano en el horario de 08:00 a.m. a 04:00 p.m., jornada continua, de lunes a viernes en las instalaciones de la ANLA en la dirección Calle 37 No. 8-40 Bogotá – Colombia.

Calle 37 No. 8 – 40 Bogotá, D.C. Edificio Anexo  
Código Postal 110311156  
Nº: 500.467.239-2  
Centro de Contacto Ciudadano: 57 (1) 2540100 / 018000112598  
PBX: 57 (1) 2540111  
[www.anla.gov.co](http://www.anla.gov.co)  
Página 1 de 2.





Radicación: 2019076732-2-001

Fecha: 2019-08-12 10:35 Proceso: 2019076732 Anexos:  
Trámite: 05-1SDPE - Derecho de Petición de Interés General  
Remite: 4.5-GRUPO DE ATENCIÓN AL CIUDADANO  
Destinatario: SARA VICTORIA MARRIN ZULLAGA

Estamos atentos a brindarle cualquier información relacionada con los temas puntuales de competencia de la ANLA (Decretos 3573 de 2011 y 1076 de 2015) a través de los siguientes medios: Sitio web de la entidad – [www.anla.gov.co](http://www.anla.gov.co) por el link del Centro de Contacto Ciudadano (CCC)– Buzón de "PQR"; GEOVISOR SIAC – <http://sig.anla.gov.co:8083> - En donde se puede acceder a la información geográfica de los proyectos licenciados por la ANLA para cada uno de los sectores ( Hidrocarburos, Energía, Infraestructura, Minero); VITAL - <http://vital.anla.gov.co/ventanillasilpa/> - Ventanilla Integral de tramites Ambientales en Línea, permitiendo el acceso a los expedientes de la entidad desde el año 2013 y la comunicación e interacción entre los actores que participan en la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, control, uso y aprovechamiento de los recursos naturales y el medio ambiente de la Nación; Chat Institucional accediendo por el mismo sitio web; correo electrónico [licencias@anla.gov.co](mailto:licencias@anla.gov.co); a través de la línea telefónica directa 2540100 o la línea gratuita nacional 018000112998, o acercándose al citado CCC ubicado en la calle 37 N° 8 – 40 de Bogotá D.C., de lunes a viernes en horario de 8:00 a.m. a 4:00 p.m. jornada continua.

Cordialmente,



**JHON COBOS TELLEZ**  
Coordinador Grupo de Atención al Ciudadano

Anexos: Copia Licencias de fuentes no convencionales.

Medio de Envío: Correo Electrónico

Revisó: –EINER DANIEL AVENDANO VARGAS (Abogado)  
Proyectó: Angella Jimena Obando Forero

Fecha: 11-08-2019

Nota: Este es un documento electrónico generado desde los Sistemas de Información de la ANLA. El original reposa en los archivos digitales de la Entidad.



### Anexo 3. Correo respuesta radicado ante la Unidad de Planeación Minero Energéticas UPME.



Anexo 4. Sistema de Información Eléctrico colombiano SIEL con el registro de los proyectos de Generación de Energía Eléctrica.

Proyectos de Generación Inscritos

2019 | 2018 | 2017 | 2016 | 2015 | 2014 | 2013 | 2012 | 2011

Informe Dinámico de Registro de Proyectos de Generación de Energía Eléctrica

Informe de registro de proyectos de generación Semana 27 de 2019	
Registro de Proyectos de Generación a Junio 2019	
Registro de Proyectos de Generación a Mayo 2019	
Registro de Proyectos de Generación a Abril 2019	
Registro de Proyectos de Generación a Marzo 2019	
Registro de Proyectos de Generación a Febrero 2019	
Registro de Proyectos de Generación a Enero 2019	