

Evolución De La Generación De Energía Solar Fotovoltaica En Colombia

Álvaro Velasco Muñoz¹
alvarovelascomunoz@gmail.com

Óscar Salazar Calvache²
Oscar.salazar00@usc.edu.co

¹ Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Especialización en Gerencia Ambiental y Desarrollo Sostenible

² Director del artículo. Ingeniero Químico (Universidad del Valle). Maestría en Management and Engineering in Energy and Environment (Ecole des Mines de Nante, Francia).

Resumen

En Colombia se habla de uno de los reglones más importantes de la economía nacional en todos los escenarios; medios de comunicación, programas de gobierno, organizaciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, la academia, inversionistas locales y extranjeros, entre otros; y sucede porque la energía es un factor determinante en cada uno de estos sectores sociales y económicos del país y no podría ser de otra manera porque Colombia es un país muy rico en recursos naturales lo que le ha permitido contar con importantes fuentes de generación de energía eléctrica, a través de termoeléctricas e hidroeléctricas, y hoy puede estar a la vanguardia de los países del continente en generación de energía a través de fuentes no convencionales, como lo son las energías limpias renovables, que aunque es una política de interés nacional relativamente nueva, se está avanzando rápidamente en su implementación, por lo cual es importante destacar la energía solar fotovoltaica, como una de las más impacto social y económico, por su facilidad de implementación y cobertura, en toda la geografía nacional colombiana, también es importante resaltar su evolución científica, técnica, jurídica y económica.

Palabras clave: generación de energía, energía solar fotovoltaica, impacto socioambiental.

Abstract

In Colombia, there is talk of one of the most important registers of the national economy in all scenarios, media, government programs, governmental organizations, non-governmental organizations, academia, local investors and foreigners, among others, and it happens because energy is a determining factor in each of these social and economic sectors of the country, and it could not be otherwise because Colombia is a country very rich in natural resources, which has allowed it to have important sources of electricity generation, through thermoelectric s and hydroelectric plants, and today can be at the forefront of the countries of the continent in generating energy through unconventional sources, such as renewable clean energy, which although it is a relatively new policy of national interest, rapid progress is being made in its implementation, so it is important to highlight photovoltaic solar energy, as one of the most social and economic impact, for its ease of implementation and coverage, throughout Colombia's national geography, it is also important to highlight its scientific, technical, legal and economic developments.

Keywords: power generation, photovoltaic solar energy, socio-environmental impact.

1. INTRODUCCIÓN

“Sea la luz” (Génesis 1,3)

“La luz solar una fuente inagotable de energía”

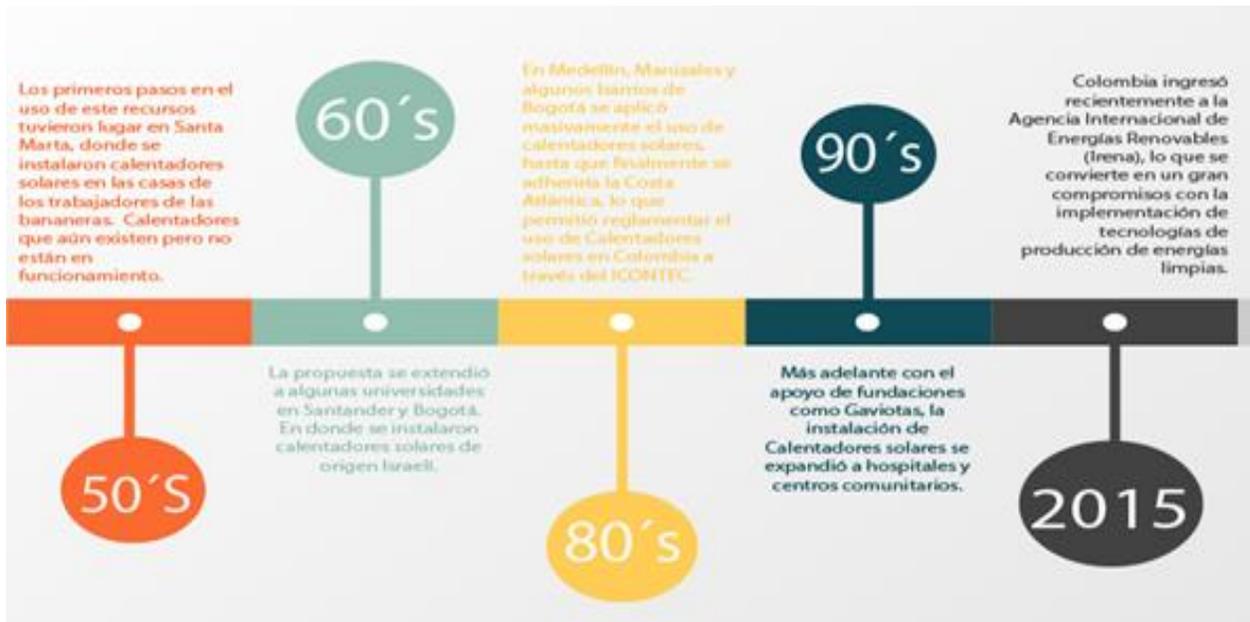
El uso de la energía solar se remonta al siglo III A.C, cuando en la antigua Grecia, en la batalla de Siracusa, Arquímedes utilizó unos espejos para reflejar la luz solar sobre la flota romana con el fin de incendiarla. En el siglo XVI, Leonardo Da Vinci, diseñó un proyecto de espejos cóncavos para producir “vapor y calor industrial”. En el siglo XVIII, Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon, inspirado en la historia de Arquímedes desarrolló diferentes experimentos con cristales de gafas, logrando obtener fuego con fines industriales. En el siglo XIX, se realizaron los mayores avances en la transformación de la energía solar, especialmente en Francia, primero en 1839, el físico Alexandre Edmund Bequerel “descubrió el efecto fotoeléctrico, que dio comienzo a las células fotovoltaicas”, años después el también físico y matemático, Augustin Mouchot, diseñó y construyó el primer colector solar parabólico con fines comerciales (Ammonit Measurement GmbH, 2019).

En el siglo XX, nacen las primeras empresas de energía solar, entre ellas Power Co, fundada por Frank Schuman en Tancony, Estados Unidos en 1911, con capacidad de generar 20KVA. Aunque el aprovechamiento de la energía solar no es tan nuevo en el mundo, en Colombia se remonta al siglo pasado, al utilizar esta energía para el calentamiento del agua, siendo muy común esta práctica en la zonas productoras de banano en la costa atlántica, después hacia los años 60 y 70 las Universidad de Santander, Universidad Nacional, Universidad de los Andes y la Universidad del Valle empezaron a desarrollar y proponer la instalación de calentadores domésticos y calentadores industriales para el uso de hoteles, restaurantes y hospitales, ya para los años 80 y 90 se industrializó la fabricación de calentadores de agua con luz solar, llevando agua caliente a muchas urbanizaciones en las ciudades de Bogotá y Medellín entre otras, ya para esa época se venía trabajando en algunas entidades estatales como Telecom con acompañamiento de la Universidad Nacional en la instalación de sistemas solares fotovoltaico para generar energía en las zonas no interconectadas del país, que es el sector rural donde producir energía es costoso y complejo, por el transporte y precio de los combustibles (Rodríguez, 2009).

Desde finales del siglo pasado Colombia entró en la dinámica mundial de la imperiosa necesidad de evolucionar en sus sistemas de generación, transmisión y administración de la energía que produce y consume, se reconoce como uno de los países con mayor potencial en la producción de energías renovables en la región, es por esto que, la generación de energía utilizando como fuente la luz solar, es un tema de mucha relevancia en el país, y ha venido evolucionando de manera exponencial, ya que las condiciones naturales lo colocan en una posición privilegiada en relación a otros países en el mundo para desarrollar proyectos de generación de energía solar fotovoltaica.

La figura 1 representa la línea del tiempo de la energía solar en Colombia.

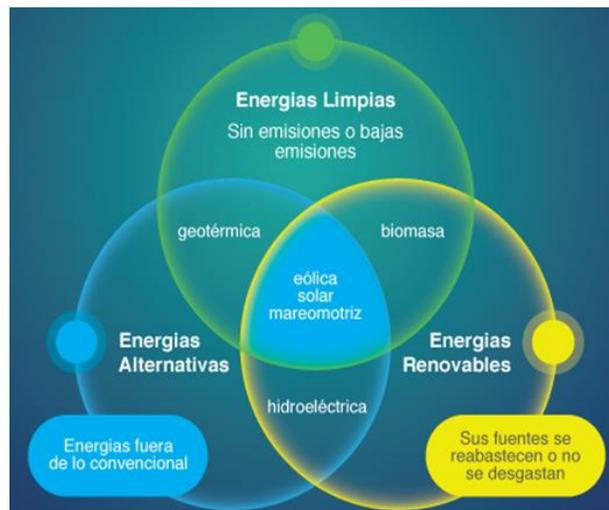
Figura 1. Línea del tiempo de la energía solar en Colombia



Fuente: (Google, 2019)

Energías limpias renovables. Son términos muy usados para describir la fuente de donde se obtiene la energía y los residuos que puedan derivarse de este proceso, pero no son lo mismo las energías limpias y las energías renovables, aunque ambas están dentro del rango de las Energías sostenibles amigables con el medio ambiente. Se consideran energías limpias la solar, la eólica y mareomotriz, que provienen de fuentes limpias, renovables, sostenibles y no producen residuos contaminantes en su transformación. Se consideran energías renovables, además de las anteriores, la geotérmica, la biomasa y las pequeñas centrales hidroeléctricas, están son amigables con el medio ambiente, pero pueden dejar residuos en su transformación (Blanchard, 1980). Ver figura 2.

Figura 2. El calor solar y sus aplicaciones específicas



Fuente: (Blanchard, 1980)

1.1 Evolución científica

En Colombia realmente es incipiente el aporte científico al desarrollo de nuevas tecnologías o mejoramiento de tecnologías aplicadas a la transformación de la energía solar fotovoltaica, parece que el país se conformó con importar los nuevos desarrollos tecnológicos que existen en el mercado mundial, y esto es razonable teniendo en cuenta la poca inversión del Estado en investigación, desarrollo, ciencia y tecnología en este campo.

Las universidades como centros de pensamiento, llamados a incentivar programar de investigación, no cuentan con los laboratorios ni la infraestructura para desarrollar paneles solares básicos, aunque si hay que reconocer que, Colciencias a través de la Red Internacional de Fuentes de Información y Conocimiento para la Gestión en Ciencia, Tecnología e innovación (SCIENTI), ha promovido y patrocinado diferentes organizaciones académicas e investigadores, para que desarrollen estudios del comportamiento y aplicación de tecnologías que permitan aprovechar los recursos renovables como fuentes de generación de energía eléctrica, entidades como el Grupo de Investigación en Optimización Energética - GIOPEN, de la Universidad del Caribe, CvLAC-RG de Ingenieros Electrónicos Universidad de San Buenaventura de Bogotá, Universidad Nacional, entre otras; pero estas investigaciones están direccionadas al aprovechamiento de las fuentes convencionales de energías limpias, renovables, a su aplicación y eficiencia, no al estudio científico de elementos físicos, químicos, materiales o componentes electrónicos, que mejoren o sustituyan los que hay en el mercado para la transformación de energía fotovoltaica, en energía eléctrica.

También hay que tener en cuenta el comportamiento del mercado, la globalización y las nuevas políticas públicas arancelarias del país, pues los paneles solares, los inversores, los acumuladores de energía, los estabilizadores, son producidos a gran escala en países como China, con una mano de obra muy barata, dejando grandes márgenes de utilidad, permitiendo que los inversionistas destinen parte de esta utilidad a la optimización de la tecnología con el fin de penetrar más los mercados internacionales y así duplicar sus ingresos.

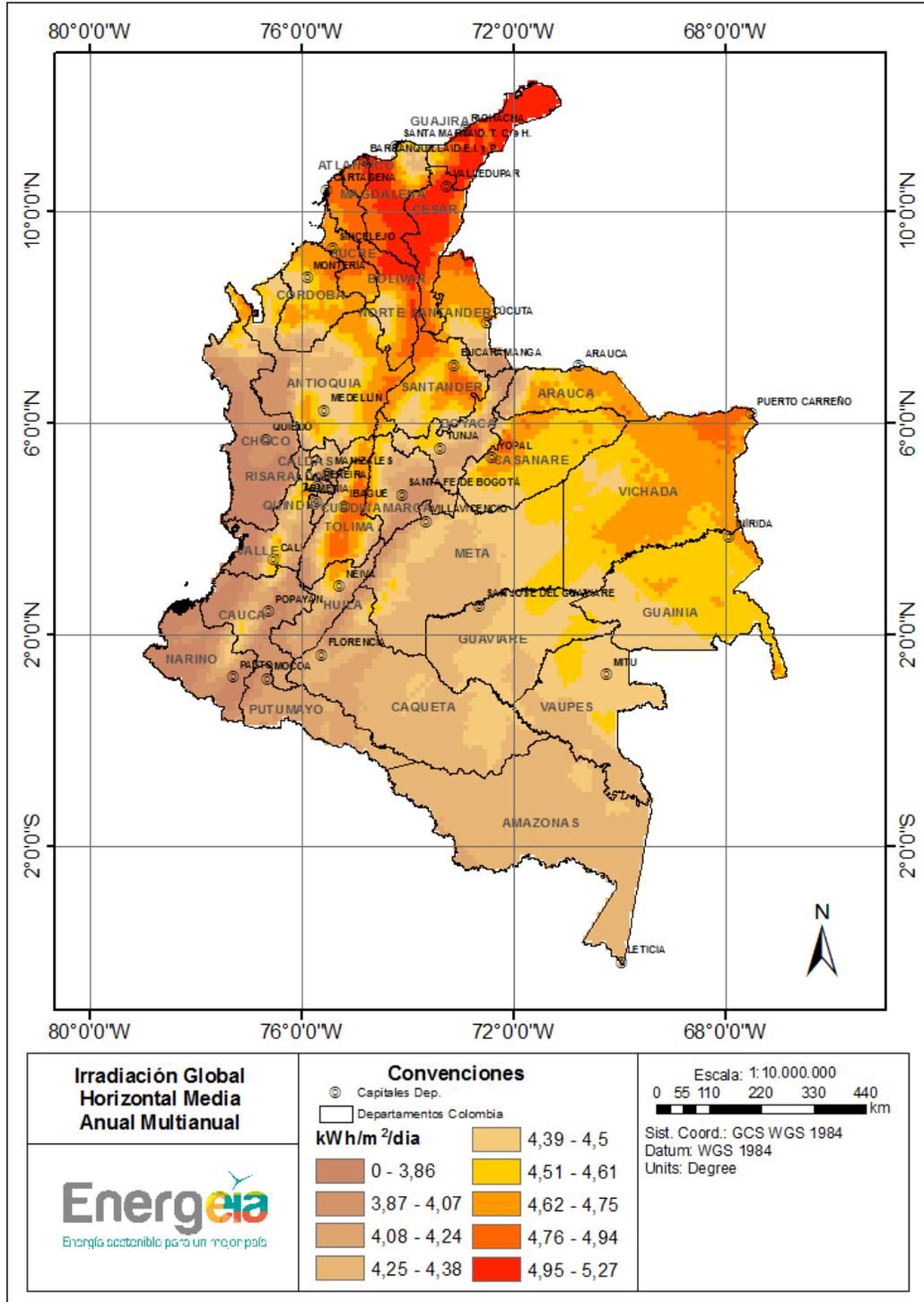
1.2 Evolución técnica

La energía eléctrica ingreso a la vida de los colombianos a finales del siglo XIX, y fueron Bogotá en 1890, seguida de Bucaramanga en 1892, Barranquilla, Cartagena y Santa Marta el 93, posteriormente entran Medellín y Cali (Vélez, 2011), mediante desarrollos hidroeléctricos, inicialmente solo era para alumbrado público, utilizando como tecnología la generación de energía a través de turbinas Pelton, impulsadas por la fuerza del agua, y un generador eléctrico. Años más tarde se fueron introduciendo al país nuevas formas de generación de energía, como la térmica a base de combustibles fósiles, hoy a gas, hasta llegar a las energías limpias renovables y sustentables.

1.2.1 Energía solar fotovoltaica en Colombia

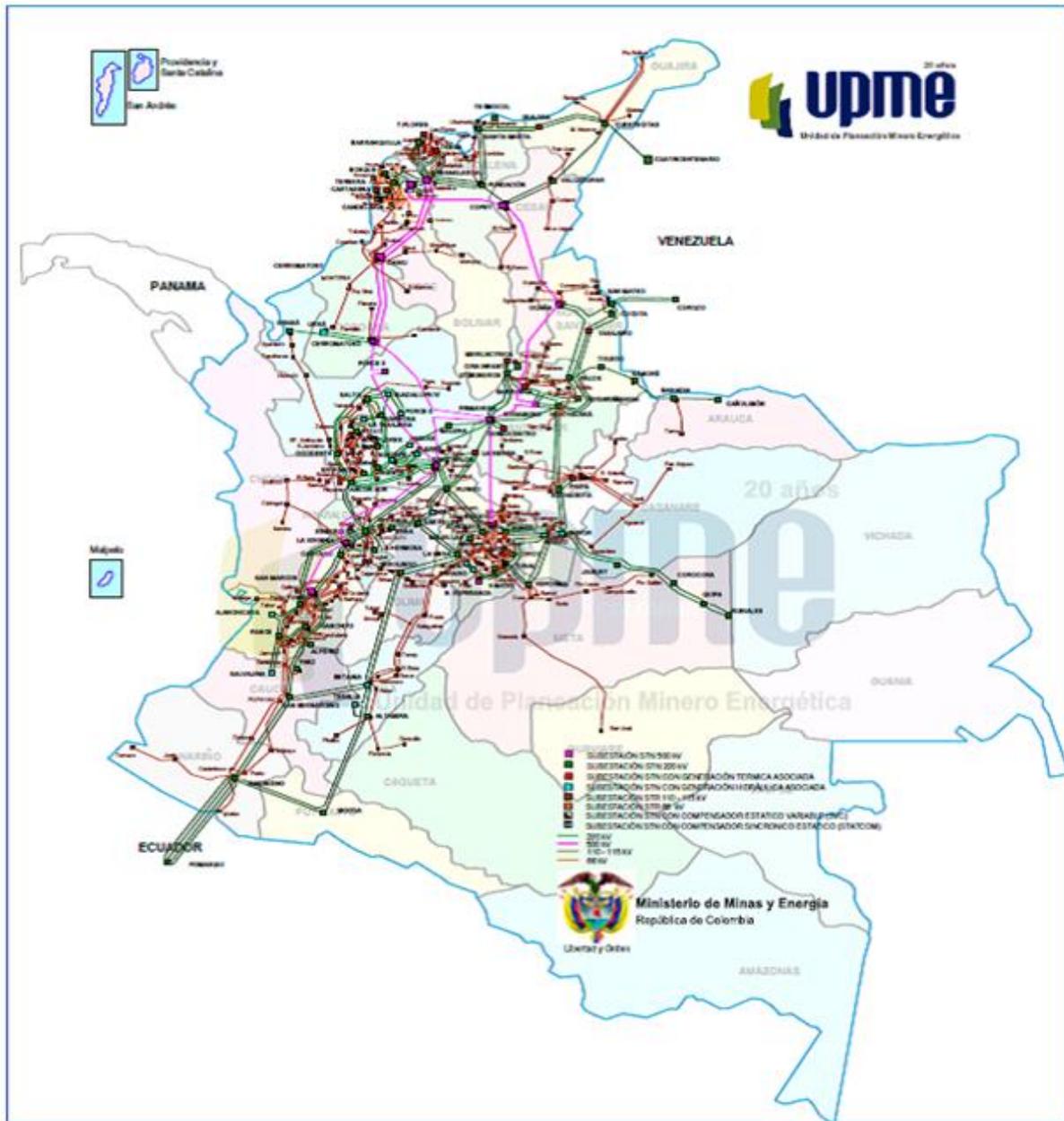
No se podría hablar de evolución tecnológica en un Sistema de Generación de Energía Solar Fotovoltaica en Colombia, sin tener en cuenta uno de los factores más relevantes del mismo, como lo es el medio por el cual la energía generada por el sistema puede ser utilizable, esto sumado a que la mayor inversión está en la Red de Interconexión Eléctrica, ahí es donde Colombia es uno de los países más tecnificados y con mayor cobertura del mundo, gracias al constante desarrollo en este campo, hoy los generadores de energía cuentan con una red de interconexión nacional e internacional, que les permite evacuar la energía producida desde cualquier parte del país, y llevarla al consumidor a cualquier parte del país.

Figura 3. Mapa de energía solar fotovoltaica en Colombia



Fuente: (Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2019)

Figura 4. Sistema interconectado nacional



Fuente: (UPME, 2016)

Se considera que Colombia es uno de los países con alta capacidad de producción de energía fotovoltaica del mundo, por su posición geográfica, dado que está situado en el Ecuador medio, y cuenta con una exposición a la luz del sol durante 12 horas diarias, los 365 días del año, esto utilizando la más básica de las tecnologías fotovoltaicas existentes en el mercado.

En el estudio *La gestión para cadena de suministro de sistemas de energía solar fotovoltaica en Colombia y su situación actual* (2018), se afirma que Colombia cuenta con una irradiación que supera el promedio mundial, lo que favorece positivamente el potencial del país en energía solar fotovoltaica. Esta irradiación, presenta mayor

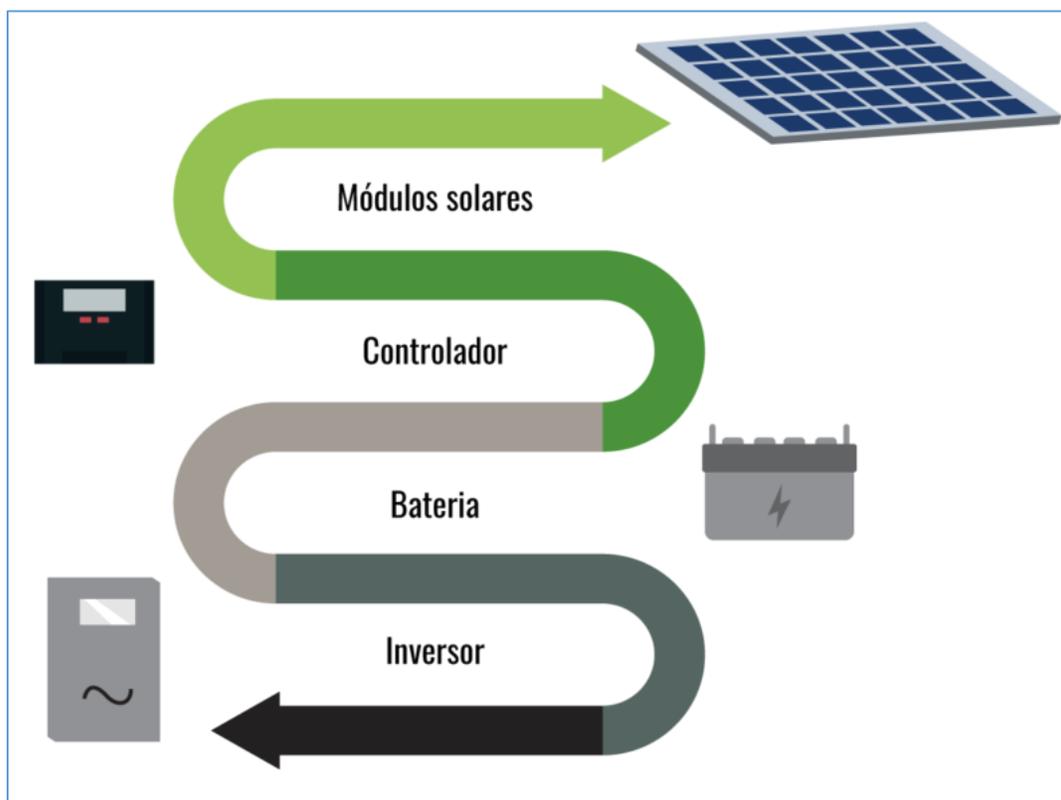
concentración en las regiones de la costa Atlántica y Pacífica, la Orinoquia y la Región Central. El promedio es de 4.5 kWh/m²/d, que supera el promedio mundial de 3.9 kWh/m²/d, estando por encima de Alemania (3.0 kWh/m²/d), país que hace el mayor uso de la energía solar en el mundo (FISE, 2019).

Cuando se habla de tecnología fotovoltaica se debe hacer referencia a una serie de componentes y elementos que permiten que se atrape la luz del sol, y esta se transforme o convierta en energía eléctrica, esto es a lo que se le llama un sistema de energía solar, o a lo que en el mercado se denomina un kit Solar, el consta de varios componentes dependiendo de la demanda de energía requerida.

1.2.2 Sistema para generación de energía solar fotovoltaica

Un sistema solar está compuesto por módulos o paneles solares; controladores o reguladores de corriente, inversores, acumuladores de energía o baterías. Ver figura 5.

Figura 5. Sistema de energía solar



Fuente: (Sunssply, 2017)

1.2.3 Panel solar fotovoltaico

Los paneles solares son los encargados de transformar la luz solar en energía eléctrica, a través de un efecto fotoeléctrico, ya que están compuestos de semiconductores que son células solares mono-cristalinas y poli-cristalinas, están contruidos de silicio que es un mineral abundante, es el segundo material más abundante en la corteza terrestre, de alto rendimiento, su eficiencia se determina si es mono o poli-cristalino, y esto se diferencia en la calidad y pureza del silicio, su proceso de transformación de cómo se funde y corta. Por

ejemplo; si el silicio se funde en lingotes, es para fabricar paneles monocristalinos, y si se funde en cuadros, es para fabricar paneles policristalinos (Sunssply, 2017).

En general no se podría decir que hay uno mejor que el otro, pero si varía su eficiencia de acuerdo a las condiciones climáticas del sitio donde se van a instalar, en lugar con presencia de nieve, lluvias y nubosidad, se recomiendan los monocristalinos, por su mayor capacidad para absorber la radiación solar, en climas más cálidos, se recomiendan los policristalinos (Sunssply, 2017).

En Colombia no se fabrican paneles solares, pero si se ensamblan como en muchos países en el mundo, tampoco hay fomento para desarrollar esta industria en Colombia, a pesar que cuenta con grandes reservas de silicio en sub suelo, también hay que considerar que este mercado es relativamente nuevo y compite con economías muy fuertes como es la china. Además, que las leyes de fomento como la ley 1715 (2014), derribaron todas las barreras arancelarias para la importación de este producto.

1.2.4 Regulador o controlador solar

Son indispensables en un sistema de generación solar fotovoltaico; ya que como su nombre lo indica se encarga de controlar la energía generada por los paneles solares y entregarla a las baterías o al consumo directamente, hay dos clases de reguladores dependiendo de la capacidad de generación de los paneles, los PWM que es el convencional, y el MPPT que es el maximizado, los primeros soportan sistemas menores a 200W y los segundos son para sistemas mayores a 200W. Muchos de estos reguladores se fabrican en Colombia, y han sido mejorados paulatinamente para efectos de sincronismo, las Universidades en sus facultades de Ingeniería Eléctrica y Electrónica investigan constantemente sobre este elemento del sistema de generación solar fotovoltaico y han desarrollado softwares que permiten controlar más eficientemente el sistema (Sunssply, 2017).

1.2.5 Acumuladores o baterías

Estas se utilizan en sistemas de generación de energía solar fotovoltaica pequeños y medianos, dependiendo su autonomía o capacidad de almacenar energía, es su costo y volumen, además requieren de inversores para transformar la energía generada por el sistema, y la requerida para el consumo, es el factor menos amigable con el medio ambiente del sistema. En Colombia se industrializó y tecnificó este elemento por parte de la industria con excelentes resultados en calidad y precio, además que cada vez se construyen con componentes más amigables con el medio ambiente (Sunssply, 2017).

1.2.7 Inversores de corriente

Es el elemento del sistema solar fotovoltaico, que convierte la corriente continua generada por los paneles solares y acumulada en las baterías, en corriente alterna para el consumo (Sunssply, 2017).

1.3 Evolución jurídica

Se podría decir que en Colombia se ha legislado de manera incipiente sobre el sector eléctrico del país, y mucho menos sobre energías renovables; este es un tema que por consideraciones políticas está administrado y regulado por el Ministerio de Minas y Energías, pero está sujeto a determinaciones ambientales direccionadas por el Ministerio del Medio Ambiente.

Los organismos encargados de fomentar políticas públicas tendientes a mejorar la generación de energía a través de fuentes renovables, ha sido la Comisión de Regulación de Energía y Gas- CREG, y la Unidad de Planeación Minero Energética-UPME, adscritas al Ministerio de Minas y Energía-MME.

En los 1990, se impulsó a través de Colciencias la “Investigación para el Uso Racional de la Energía”.

“Con el fin de promover y orientar el adelanto científico y tecnológico en Colombia, se expidió la Ley 29 de 1990 y, en ejercicio de las facultades otorgadas en el artículo 11 de dicha ley, el Ejecutivo expidió el Decreto ley 393 de 1991, sobre las formas de asociación para actividades científicas y tecnológicas” (Colciencias, 1990).

En 1992, “se incluyó un documento llamado “Políticas en fuentes alternas de energía, presente y futuro”. Encaminado a políticas de orden, en el campo de las fuentes alternas no convencionales de energía para la población urbana y rural. En el documento se señala las funciones asignadas por el artículo 63 de la Ley 1 de 1984” (Alcaldía de Bogotá, 1992), tema de trascendental importancia, porque se empieza con este decreto a tocar las llamadas Fuentes no Convencionales de Energía-FNCE, y las zonas no interconectadas, lo que sería el comienzo de la búsqueda de soluciones ambientalmente disponibles.

Ley 99 (1993), por la cual se crea el ministerio del medio ambiente.

-Ley 164 (1994) y el artículo 1° de la Ley 7ª (1944), Por la cual el congreso de la republica aprueba “la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992”. Con el fin de desarrollar políticas públicas para disminuir el efecto invernadero, mitigando las emisiones de gases contaminantes como el CO2.

-En 1994 se aprueba la Ley 142 y 143 de servicios públicos domiciliarios, y se establecen políticas sobre regulación del sector eléctrico en cuanto a generación, transmisión, operación, distribución y comercialización tanto para el sistema de interconexión nacional-SIN, como para las zonas no interconectadas-ZNI (Congreso de la República, 1994).

En 1998 el INEA, elaboró el Plan de Desarrollo de Energías Alternativas.

Ley 697 (2001), “mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones”.

Artículo 1. Declárase el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales. Artículo 2. El Estado debe establecer las normas e infraestructura necesarias para el cabal cumplimiento de la presente ley, creando la estructura legal, técnica, económica y financiera necesaria para lograr el desarrollo de proyectos concretos, URE, a corto, mediano y largo plazo, económica y ambientalmente viables asegurando el desarrollo sostenible, al tiempo que generen la conciencia URE y el conocimiento y utilización de formas alternativas de energía.

Esta ley es de crucial importancia en el desarrollo del marco jurídico sobre la implementación de las energías alternativas, porque ahí el legislador visualiza la necesidad de regular el uso de la energía convencional,

y a través de esta ley promueve el “uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente”, y compromete al estado a invertir en mecanismos e infraestructura para el desarrollo “de formas alternativas de energía.”

Decreto 3683 (2003):

El objetivo del presente decreto es reglamentar el uso racional y eficiente de la energía, de tal manera que se tenga la mayor eficiencia energética para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad del mercado energético colombiano, la protección al consumidor y la promoción de fuentes no convencionales de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

Decreto 2688 (2008). Por el cual se “Modifica el Decreto Reglamentario 3683 de 2003 con el fin de dinamizar y hacer más eficiente el desarrollo de las actividades de la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes no Convencionales de Energía CIURE”.

-Resolución 180919 (2010);

Adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, definen sus objetivos y subprogramas, el cual contribuirá a asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el ambiente y los recursos naturales, consolidando una cultura que cuente con las condiciones económicas, técnicas, regulatorias y de información para impulsar un mercado de bienes y servicios energéticos eficientes en Colombia.

Ley 1715 (2014). La presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda. Señala su finalidad, ámbito de aplicación, declaratoria de utilidad pública e interés social; definiciones, competencias administrativas, promoción de la generación de electricidad con Fuentes No Convencionales de Energía -FNCE-; gestión eficiente de la energía; incentivos a la inversión en proyectos de fuentes no convencionales de energía; desarrollo y promoción de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable -FNCER- ; acciones ejemplares del Gobierno Nacional y la Administración Pública, fomento de la investigación de FNCE, aspectos medioambientales, seguimiento y cumplimiento.

Se puede decir que la ley 1715 del 2014, es la ley de fomento de las energías limpias en Colombia, el legislador abre la puerta para que los inversionistas nacionales y extranjeros desarrollen proyectos de energía asegurando el retorno de su inversión, este estímulo a superado las expectativas del sector energético, a tal punto que ya hay zonas en Colombia, como la Costa Atlántica sobre dimensionadas en relación a la infraestructura existente.

1.4 Evolución económica

El mercado de la energía eléctrica en Colombia se divide en dos épocas, antes de la Constitución de 1991 donde el Estado definía de manera autónoma, las políticas energéticas del país y establecía los precios del servicio y después de la Constitución del 1991 donde se promulga la Ley 142 y 143 de 1994, denominada Ley de servicios públicos domiciliarios, y a partir de la promulgación de estas dos leyes, las organizaciones privadas entran a coadministrar con el Estado este servicio, donde las iniciativas del privado participan desde la planeación, generación, distribución hasta su comercialización.

Este modelo apoyado por el legislativo con iniciativas como el cargo por confiabilidad, que es un fondo de cofinanciamiento con recursos del estado que permite viabilizar financieramente los proyectos, ha logrado que Colombia sea considerado un país de clase mundial en este campo.

Respecto al mercado, Colombia tiene un esquema regulatorio establecido para asegurar el suministro de energía confiable a largo plazo. Este esquema garantiza que los recursos de generación sean capaces de satisfacer la demanda durante la escasez de energía a precios eficientes, y de igual manera asegurar la TIR a los inversionistas, además el gobierno acaba de expedir la Resolución 40715, “Resolución que reglamenta el artículo 296 de la Ley 1955 con el fin de establecer la obligatoriedad a la demanda de comprar un 10% de energía limpia” (Pv magazine, 2019) y la ley 1955 (2019), por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, estableció en el artículo 296 que “los agentes comercializadores estarán obligados a que entre un 8 y 10 por ciento de sus compras de energía provengan de fuentes no convencionales de energía renovable, a través de contratos de largo plazo asignados en determinadores mecanismos de mercado que establezca la resolución”. Este es el segundo espaldarazo que le da el gobierno nacional al fomento de las energías limpias en Colombia, después de la promulgación de la Ley 1715 (2014), asegurando no solamente la inversión en proyectos de Energías Limpias, si no, la venta de la energía generada en estos proyectos.

El negocio de la energía ha crecido de manera exponencial a la par con la demanda, de igual manera ha crecido la infraestructura energética del país, el Banco Mundial pronostica que la demanda de electricidad se duplicará para el 2030, llegando a 2.500 TWh al final de este período. Este crecimiento implica la necesidad de un incremento adicional de 239 GW en la región aproximándose a 330GW de capacidad instalada, esto en términos de dinero son cifras astronómicas (PROCOLOMBIA, 2019). Es por esto que el gobierno flexibilizó las políticas arancelarias y tributarias a través de la Ley 1715, permitiendo el ingreso de grandes inversionistas, abriendo oportunidades en el mercado eléctrico colombiano.

- Hay una expectativa de generación con fuentes convencionales y no convencionales de 16.779,69 MW con 563 proyectos en diferentes etapas.
- El Sistema Interconectado Nacional (SIN) conecta el 48% del territorio nacional y cubre el 97% de la población. Las zonas no interconectadas (ZNI) representan el 52% restante y producen energía con Diésel.
- Colombia, tiene alto potencial por la disponibilidad de recursos energéticos renovables y alternativos, como son: Sol, viento, biomasa, energía de los océanos y geotermia.
- La Ley 1715 de 2014 promueve el desarrollo y uso de los recursos de energía no convencionales, en el sistema de energía nacional.

- El artículo 185 del PND establece que usuarios comprarán, sí o sí, electricidad a proyectos de energía eólica y solar.

Casos de éxito en el mercado eléctrico de Colombia (PROCOLOMBIA, 2019):

- Endesa (España): Filial del grupo italiano Enel, adquirió la participación en las empresas de generación de energía Emgesa y Betania con 2.895 MW de capacidad instalada.

- Enel: Entre 2017 – 2019, la multinacional italiana Enel invertirá cerca de USD 561 millones en proyectos energéticos en Colombia.

- AES (Estados Unidos): Filial en Colombia de AES Corporation (Applied Energy Services). Chivor es una de las compañías generadoras más grandes del país con una capacidad instalada efectiva total de 1.000 MW.

- Steag (Alemania): La planta térmica de carbón de bajo grado, Termopaipa ubicada en Paipa, fue la primera planta de energía en el extranjero planeada, financiada y construida por Steag.

En energías limpias de acuerdo a la convocatoria de la subasta a realizarse el próximo mes de octubre las inversiones muy importantes, si se tiene en cuenta que el desarrollo de un proyecto hídrico cuesta entre 2 y 2.5 millones de dólares por MW, y un proyecto de Energía Eólica puede costar un millón y medio de dólares por MW, y la solar ochocientos mil dólares por MW. Y de acuerdo a informe del ministerio de minas y energía, para la subasta de octubre se presentaron “27 como generadores, estos últimos, con 53 proyectos de generación con fuentes no convencionales de energía renovable. Con más de 2.200 MW de generación” (PROCOLOMBIA, 2019).

1.5 Impacto socio-ambiental

Los proyectos de Generación de Energía Solar Fotovoltaica, tienen un trascendental impacto social y ambiental en el mundo y la región donde se desarrolla el proyecto, por cada MW/año producido se deja de emitir 0.7 toneladas de CO₂, aportando a la lucha contra el calentamiento global y el cambio climático, se garantiza la generación de energía de una fuente no convencional, el impacto ambiental en el sitio donde se desarrolla el proyecto es mínimo, pero el impacto social y económico en Colombia es considerable, teniendo en cuenta que la normatividad exige al inversionista ejecutar obras de mitigación y desarrollo en el área de influencia del proyecto, estas se pactan con la comunidad a través de mecanismos de participación abiertos por el proyecto, como la consulta previa, se destinan recursos para inversión ambiental y obras de saneamiento básico, como reforestación y obras de acueductos y alcantarillados, para construcción del proyecto se realizan obras de infraestructura, que demandan gran cantidad de mano de obra, y para la administración y mantenimiento del mismo se deben constituir empresas de servicios públicos, generando puestos de trabajo a largo plazo, esto impacta directamente en la calidad de vida de las comunidades aledañas al proyecto, para el país, es un punto más de dinamización y crecimiento de infraestructura y mejora de la calidad de vida de las comunidades. También hay que tener en cuenta que estos proyectos tributan casi el 45% de lo producido al gobierno Nacional impactando el PIB. Parte de estos recursos se trasladan a las CAR y a los municipios vía regalías.

Para complementar el análisis de presentan en la tabla 1 las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), de la implementación de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica en el país.

Tabla 1.
Matriz FODA

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Excelente irradiación solar en el sitio de desarrollo del proyecto (materia prima natural e inagotable). • Transformación, producción y consumo en el sitio de acopio de la materia prima. • Producción controlada de acuerdo a la demanda requerida. • Cero residuos contaminantes e industriales (desperdicio). • Reducción de costos de transmisión, pérdidas, materia prima. • Beneficios Gubernamentales, Nacionales e Internacionales • Beneficios Tributarios y arancelarios, (Ley 1715 del 2014). • Contratos comerciales a largo plazo (subasta Energética) • Cero Emisiones de gases contaminantes (CO2). • Aporte transversal a la mitigación del cambio climático. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poco Conocimiento de las bondades de la Energía Solar. • Poca confianza en la capacidad sustituta de un sistema solar fotovoltaico. • Altos costos de los paneles solares, los inversores y acumuladores. • Política de gobierno direccionada a subsidiar a las grandes generadoras de propiedad de multinacionales a través del cargo de confiabilidad. • Poca cobertura Nacional • Poca divulgación y, preparación de los empresarios, comunidades y ciudadanos en general
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento de un recurso natural renovable • Aporte a la descontaminación ambiental • Generación de energía limpia con cero residuos contaminantes • Reducción de costos de energía a largo plazo • Generación de ingresos por generación de energía • Mejoramiento de la calidad de vida de las personas • Reducción en los costos de producción en el sector industrial • Reducción en las tasas de contaminación y emisión de gases del sector industrial • Integración a la nueva industria tecnológica (carros eléctricos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas públicas inestables, de gobierno y no de estado. • Inseguridad jurídica, cambio de reglas de juego en el sector energético del país.

En la matriz FODA, se puede visualizar, que un sistema solar fotovoltaico contiene muchas fortalezas para el sector energético del país, para el usuario final y el medio ambiente.

Su oportunidades son muchas más de las que se puedan expresar de manera relevante, se integra transversalmente con el nuevo contexto industrial y tecnológico, y las políticas mundiales de desarrollo sostenible, los nuevos vehículos personales y de transporte de carga, las obligadas futuras soluciones de transporte masivo, como trenes de alta velocidad, y metros, son apenas un sector de estas oportunidades, el uso masivo de la domótica y la racionalización de costos de producción industrial entre otras, nos obligan a mirar el futuro soportado en energías renovables.

Sus debilidades como sus amenazas son pocas en este sector y tienen el mismo origen, ambas están afectadas por el factor gubernamental, la inseguridad jurídica que desmotiva la inversión, los intereses de los ya establecidos sistemas de generación, la falta de conocimiento de las bondades económicas, tributarias, y ambientales, el bajo compromiso del estado y de los empresarios con la

protección del medio ambiente, pues priman los intereses económicos a los beneficios socio ambientales.

2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Desafortunadamente la condición humana es así, el ecosistema está alertando sobre las consecuencias de no tomar las medidas necesarias para detener el calentamiento global, en Colombia se empezó tarde con la ley 697 (2001), y se demoró 14 años buscando un mecanismo para incentivar su cumplimiento, el cual nace con la ley 1715 (2014), ley que se vino a materializar con el artículo 296 de la ley 1955 (2019); en conclusión casi 20 años después se empezó a considerar que se tenía que aportar al planeta, que el calentamiento global y el cambio climático afecta a todos, eso en la parte teórica y resolutive de la ley, pero la realidad es que, las nuevas tendencias económicas, el agotamiento de los recursos no renovables, han logrado que los economistas vean una nueva oportunidad de ingresos en las energías limpias, a buena hora para Colombia por su potencial solar, por los recursos que esto le va a generar a esas regiones, antes despreciadas por los terratenientes, por el planeta y sus habitantes, pero el gobierno nacional debe invertir y /o fomentar la inversión al interior del país, porque esta infraestructura está creciendo pero con capital extranjero. El 90% de los proyectos son de ENEL, de ISAGEN, entre otras extranjeras, también debe flexibilizar la tramitología requerida para la formulación de estos proyectos, porque tienen para su estructuración unos trámites innecesarios que desmotivan por los desgastes de tiempo y dinero, demasiada burocracia permeada por la corrupción.

3. REFERENCIAS

- Alcaldía de Bogotá. (1992). *Políticas en fuentes alternas de energía, presente y futuro*. Recuperado de: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=26915&cadena=c>
- Ammonit Measurement GmbH. (2019). *Historia de la energía solar*. Recuperado de: <https://www.ammonit.com/es/wind-solar-wissen/solarenergie/470-historia-de-la-energia-solar>
- Blanchard, A. (1980). *Mouchot: La Chaleur solaire et ses applications industrielles*. París: Gauthier-Villars.
- Colciencias. (1990). *Normas generales*. No. 29. Recuperado de: <https://www.colciencias.gov.co/node/259>
- Congreso de Colombia. (30 de Noviembre de 1944). Ley 7 de 1944. *Sobre vigencia en Colombia de los Tratados Internacionales, y su publicación*. Bogotá, Colombia: Diario Oficial No. 25.716 .
- Congreso de la República. (22 de Diciembre de 1993). Ley 99 de 1993. *Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los*

recursos naturales renovables, se organiza el SINA y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia: Diario Oficial No. 41.146 .

Congreso de la República. (11 de Julio de 1994). Ley 142 de 1994. *Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.* Bogotá, Colombia: Diario Oficial No. 41.433. Recuperado de: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994.html

Congreso de la República. (27 de Octubre de 1994). Ley 164 de 1994. *Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992.* Bogotá, Colombia: Diario Oficial No. 41.575.

Congreso de la República. (3 de Octubre de 2001). Ley 697 de 2001. *Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.* Bogotá, Colombia: Diario Oficial No. 44.573.

Congreso de la República. (13 de Mayo de 2014). Ley 1715 de 2014. *Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.* Diario Oficial No. 49.150.

Congreso de la República. (2019). Ley 1955 de 2019 . *Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022.* Bogotá, Colombia.

FISE. (2 de Mayo de 2019). *Colombia y su gran potencial para la energía solar.* Recuperado de: <https://www.fise.co/noticias/enlaces-de-interes/ArtMID/1537/ArticleID/67/Colombia-y-su-gran-potencial-para-la-energ237a-solar>

Google. (2019). Energía solar en Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. (2019). *Radiación Solar de Colombia.*

Ministerio de Minas y Energía. (22 de Julio de 2008). Decreto 2688 de 2008. *Por el cual se modifica el Decreto Reglamentario 3683 del 19 de diciembre de 2003.* Bogotá, Colombia: Diario Oficial No. 47.058 .

Ministerio de Minas y Energía. (2010). Resolución 180919 de 2010. *Por el cual se "Adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE.* Bogotá, Colombia.

Presidencia de la República. (19 de Diciembre de 2003). Decreto 3683 de 2003. *Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial.* Bogotá, Colombia.

PROCOLOMBIA. (2019). *Casos de éxito.* Bogotá DC. Recuperado de: <https://www.inviertaencolombia.com.co/sectores/servicios/energia.html>

PROCOLOMBIA. (2019). *Inversión en el Sector de Energía*. Bogotá DC. Recuperado de: <https://www.inviertaencolombia.com.co/sectores/servicios/energia.html>

Pv magazine. (13 de Agosto de 2019). *Colombia podría obligar a las comercializadoras a consumir energía renovable*. Recuperado de: Noticias. Bogotá DC: <https://www.pv-magazine-latam.com/2019/08/13/colombia-podria-obligar-a-las-comercializadoras-a-consumir-un-10-de-energia-renovable>

Recuerdos de Pandora. (11 de Abril de 2010). *Historia de la energía solar* . Recuperado de: <https://recuerdosdepandora.com/historia/inventos/historia-de-la-energia-solar/>.

Rodríguez, H. (2009). Desarrollo de la Energía Solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de Ingeniería* (28), 83-89. Recuperado de: Bogotá- Colombia: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12.pdf>.

Sunsply. (17 de Julio de 2017). *Componentes de un sistema de energía solar*. Recuperado de: Bogotá D.C.: info@sunsupplyco.com

UPME. (2016). *Sistema interconectado nacional*. Bogotá.

Vélez, L. G. (6 de Septiembre de 2011). *Breve historia del Sector Eléctrico Colombiano*. Recuperado de: luisguillermovelezalvarez.blogspot.com/2011/09/breve-historia-del-sector-electrico.html.