

**ANÁLISIS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO ALTERNATIVA DE
DESARROLLO SOSTENIBLE PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE
COLOMBIA**

JUAN CAMILO VILLAMIZAR ARIZA

CESAR AUGUSTO GALVIS CAJAMARCA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN
BUCARAMANGA**

2018

**ANÁLISIS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO ALTERNATIVA DE
DESARROLLO SOSTENIBLE PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE
COLOMBIA**

**JUAN CAMILO VILLAMIZAR ARIZA
CESAR AUGUSTO GALVIS CAJAMARCA**

**Proyecto de grado en modalidad “Trabajo de investigación” presentado
como requisito para optar al título de Economista**

Director:

**MSc Isaac Guerrero Rincón
Docente Escuela de Economía**

Codirector:

**Andrés Felipe León Esteban
Estudiante Maestría en Economía y Desarrollo**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN
BUCARAMANGA**

2018

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1 ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.....	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	20
2 OBJETIVOS	23
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3 METODOLOGÍA	24
4 DESARROLLO SOSTENIBLE.....	25
4.1 COMPONENTES DEL DESARROLLO SOSTENIBLE	28
5 CARACTERIZACIÓN SOCIO ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE COLOMBIA.....	32
5.1 GENERACIÓN DE ENERGÍA EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE COLOMBIA.....	34
5.1.1 DIESEL.....	35
5.1.2 PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	35
5.2 CALIDAD DE VIDA EN LAS ZNI DE COLOMBIA.....	36
5.3 PROBLEMÁTICA EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS DE COLOMBIA.....	39
5.3.1 EDUCACIÓN	39
5.3.2 SALUD	41
5.3.3 FUENTE DE ECONOMÍA	43
5.3.4 POBREZA.....	44
5.3.5 PRODUCTO INTERNO BRUTO	45
6 ENERGÍAS RENOVABLES.....	47
6.1 PRINCIPALES FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES	47
6.1.1 ENERGÍA EÓLICA.....	47
6.1.2 ENERGÍA SOLAR.....	48
6.1.3 BIOMASA	48
6.1.4 ENERGÍA GEOTÉRMICA	49

6.1.5	ENERGÍA HIDROELÉCTRICA.....	49
6.2	PERSPECTIVAS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	50
6.2.1	CAPACIDAD INSTALADA EN ENERGÍAS RENOVABLES POR REGIONES DEL MUNDO	52
6.3	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	53
6.3.1	PRINCIPALES APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	55
6.3.2	SISTEMAS DE BOMBEO SOLAR	55
6.3.3	COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO	56
6.3.3.1	Módulo solar fotovoltaico	56
6.3.3.2	Regulador de carga	57
6.3.3.3	Batería.....	57
6.3.3.4	Inversor	57
6.3.4	POTENCIAL ENERGÍA FOTOVOLTAICA	58
6.3.4.1	Evolución del coste de los módulos solares de silicio (euro/vatio)	59
6.3.4.2	Inversión en energía Solar Fotovoltaica	60
6.3.4.3	Impacto ambiental de la energía solar fotovoltaica	62
6.3.5	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA	63
7	<u>ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CASO DE ESTUDIO.....</u>	<u>66</u>
7.1	CASO DE ESTUDIO: PERÚ	67
7.1.1	GEOGRAFÍA	67
7.1.2	ECONOMÍA.....	68
7.1.3	POLÍTICAS ENERGÉTICAS DE PERÚ.....	69
7.1.4	PROBLEMAS ENERGÉTICOS DE PERÚ.....	70
7.1.5	ENERGÍA SOLAR DE PERÚ	71
7.1.6	PROYECTO P090116 ELECTRIFICACIÓN RURAL EN PERÚ.....	73
7.1.6.1	Desafío	74
7.1.6.2	Soluciones	74
7.1.6.3	Financiamiento del proyecto	76
7.1.7	PROYECTO P117864 SEGUNDO PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL EN PERÚ	76
7.1.7.1	Primer Componente: Subproyectos de Electrificación Rural	77
7.1.7.2	Segundo Componente: Asistencia técnica para la electrificación rural	77
7.1.7.3	Tercer Componente: Gestión del proyecto	78
7.1.7.4	Financiamiento del proyecto	78
7.1.7.5	Resultados y análisis de los proyectos.....	79
8	<u>RESULTADOS.....</u>	<u>83</u>
9	<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>84</u>
	<u>REFERENCIAS.....</u>	<u>86</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa zonas no interconectadas _____	33
Figura 2. Capacidad de Generación de Energías Renovables a Nivel Regional _____	53
Figura 3. Componentes de un Sistema Fotovoltaico _____	56
Figura 4. Potencial Energía Fotovoltaica a Nivel Mundial _____	58
Figura 5. Potencial Fotovoltaico en Colombia _____	64
Figura 6. Radiación Solar de Perú 2014 _____	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Capacidad Instalada en Energía Renovable por Tecnología _____	50
Gráfico 2. Crecimiento de las Energías Renovables 2012 - 2016 _____	51
Gráfico 3. Crecimiento de las Energías en el 2016 _____	52
Gráfico 4. Evolución del Coste de los Módulos solares de silicio (euro/vatio) 2010 - 2016 ____	59
Gráfico 5. Inversión de Energía Solar Fotovoltaica 2004 - 2016 _____	60
Gráfico 6. Generación de Empleos por Energías Renovables _____	61

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Necesidades Básicas Insatisfechas; Chocó, Vichada y La Guajira	38
Tabla 2. Necesidades Básicas Insatisfechas; Bogotá, Caldas y Santander	39
Tabla 3. Indicador de Pobreza Multidimensional, región llanos orientales 2017.....	44
Tabla 4. PIB Precios constantes 2010 - 2016	45
Tabla 5. Potencial Solar Fotovoltaico por Región en Colombia	65
Tabla 6. Legislación para la Energía Limpia de Perú	70
Tabla 7. Programas y Proyectos de Energía Solar Fotovoltaica en Perú 1996 – 2014.....	72
Tabla 8. Financiamiento del Proyecto P117864 Segundo Proyecto de Electrificación Rural en Perú	79

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Alternating Current
AIF	Asociación Internacional de Fomento
BNEF	Bloomberg New Energy Finance
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DC	Direct Current
DEP	Dirección Ejecutiva de Proyectos
DGER	Dirección General de Electrificación Rural
ESMAP	Estrategias para Mitigar los Riesgos Asociados con los Recursos Geotérmicos
FONER	Mejoramiento de la Electrificación Rural mediante la aplicación de Fondos Concursables
FV	Fotovoltaico
GGGI	Global Green Growth Institute
GGKP	Green Growth Knowledge Platform
GW	Gigavatio
ICER	Informes de Coyuntura Económica Regional
IDC	Índice De Competitividad
IEA	International Energy Agency
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
IPSE	Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas

IRENA	The International Renewable Energy Agency
KWh	Kilovatio Hora
KWp	Kilovatio de Pico
KWh/m ²	Kilovatio Hora por Medio Cuadrado
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MW	Megavatio
NBI	Necesidades Básicas Insatisfechas
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ODS	Objetivos del Desarrollo Sostenible
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PIB	Producto Interno Bruto
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PV	Photovoltaic
SIN	Sistema Interconectado Nacional
STN	Sistema de Transmisión Nacional
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
ZI	Zonas Interconectadas
ZNI	Zonas No Interconectadas

RESUMEN

TÍTULO: Análisis de la energía solar fotovoltaica como alternativa de desarrollo sostenible para las zonas no interconectadas de Colombia *

AUTORES: GALVIS CAJAMARCA, CÉSAR. VILLAMIZAR ARIZA, JUAN**

PALABRAS CLAVE: Desarrollo sostenible, Zonas no interconectadas, Sistema interconectado nacional, Energía renovable, Energía solar fotovoltaica.

DESCRIPCIÓN: Este trabajo se realizó con el objetivo analítico de determinar si la energía solar fotovoltaica es una alternativa de desarrollo sostenible de las zonas no interconectadas de Colombia, para ello por medio de una metodología exploratoria y analítica en una primera instancia, se indagó acerca de la teoría sobre del desarrollo sostenible y su relación con las energías renovables, de igual manera, se determinaron las condiciones de vida y el desarrollo de las Zonas No Interconectadas de Colombia a raíz de la falta o escasez de energía eléctrica.

En una segunda instancia, se examinó a nivel mundial sobre países que hayan implementado energía solar fotovoltaica como alternativa de desarrollo de manera exitosa además se tuvo en cuenta cuatro aspectos como: económico, geográfico, político y energético a fin de que tuviera características similares a las de Colombia y de esta manera resultara más exitosa la comparación.

Después de dicho análisis se determinó que el país a comparar sería Perú, del cual se estudió la factibilidad de usar energía solar fotovoltaica a través de su experiencia obtenida de los resultados en los proyectos de energización rural, con base en lo dicho anteriormente se realizó una comparación con la situación energética colombiana a fin de establecer las falencias del país.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía y Administración. Director: MSc Isaac Guerrero Rincón

ABSTRACT

TITLE: Analysis of Photovoltaic Solar Energy as an Alternative of Sustainable Development for the Non-Interconnected Areas of Colombia *

AUTHOR (S): GALVIS CAJAMARCA, CÉSAR. VILLAMIZAR ARIZA, JUAN**

KEYWORDS: Sustainable development, Non-interconnected areas, National interconnected system, Renewable energy, Photovoltaic solar energy.

DESCRIPTION: This work was carried out with the analytical objective of determining if photovoltaic solar energy is an alternative of sustainable development of the non-interconnected zones of Colombia, for it by means of an exploitative and analytical methodology in a first instance, it was inquired about the theory about sustainable development and its relationship with renewable energies, in the same way, the living conditions and the development of non-interconnected areas (ZNI by its initials in Spanish) of Colombia were determined as a result of the lack or shortage of electrical energy.

In a second instance, it was examined at a global level about countries that have implemented photovoltaic solar energy as a successful development alternative. Four aspects were taken into account such as: economic, geographic, political and energetic in order to have characteristics similar to those of Colombia and in this way the comparison will be more successful. After this analysis, it was determined that the country to be compared would be Peru, from which the feasibility of using photovoltaic solar energy was studied through its experience obtained from the results in the rural energization projects. Based on the above, a comparison with the Colombian energy situation in order to establish the shortcomings of the country.

* Degree Project

** Faculty of Human Sciences. Economy and Management school. Director: MSc Isaac Guerrero Rincón

Introducción

La energía ha sido utilizada a lo largo de la historia humana para la realización de distintos trabajos, sin embargo, la manera en la que se obtiene ha ido cambiando a través del tiempo apareciendo cada vez nuevas fuentes de energía, desde las más perjudiciales, hasta las más beneficiosas con el medio ambiente. Hoy en día existen fuentes de energía renovables que provienen de recursos naturales y que son virtualmente inagotables debido a que se pueden regenerar. Estas se pueden dividir en dos tipos, la energía renovable convencional -como es el caso de las grandes hidroeléctricas- y la no convencional, como la energía solar, eólica, biomasa, entre otras. De igual manera, existen las fuentes de energía no renovables que a diferencia de las anteriores no se pueden regenerar y causan un daño considerable al ambiente – tales como petróleo, gas natural o carbón.

La energía solar se puede clasificar como uno de los tipos de energía renovable no convencional que se genera a través de la radiación del sol, y que según la UPME (Unidad de Planeación Minero-Energética) esta energía: “Hoy en día representa la segunda fuente avanzada de energía renovable de mayor penetración en el mundo, después de la eólica, con una producción que equivale a entre 0,85% y 1% de la demanda mundial de electricidad (IEA, 2014c), lograda a través de una capacidad instalada de 139 GW a 2013.” (UPME, 2014).

De la misma manera, las Fuentes No Convencionales de Energías Renovables (FN CER), han tomado cada vez más fuerza a nivel global, debido a nuevas tendencias de protección ambiental y gracias al compromiso de algunos países en mitigar el impacto negativo que deja la raza humana en su paso por el planeta, disminuyendo cada vez más el uso de energías no renovables y, por ende, un gran impacto negativo al entorno. No obstante, en países como Colombia que, a pesar de

mostrar avances en sus iniciativas a proyectos de este tipo de energías amigables con el ambiente, carece de incentivos para llevarlos a cabo debido a las débiles políticas encaminadas a este sector.

Actualmente el sistema eléctrico de Colombia se encuentra dividido en dos: aquellas zonas que se encuentran integradas al sistema de red eléctrica interconectada del país y, por otro lado, están las Zonas No Interconectadas (ZNI), que carecen de energía constante, segura, confiable y económica, afectando el desarrollo económico y social de esa población, que por lo general se ubica en lugares marginales y cuya geografía dificulta su integración a la red eléctrica del territorio nacional. A raíz de esto, el gobierno ha tratado de mitigar esta problemática buscando alternativas que coadyuven en la generación de energía en estas regiones. Empero, estas alternativas no abastecen en su totalidad la demanda energética de dichas zonas por los sobrecostos que representan y la falta de apoyo gubernamental.

Ahora bien, teniendo en cuenta los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) se puede observar que estos velan por el bienestar social de los países del tercer mundo, y se preocupan por el impacto ambiental adverso que se está generando actualmente. Para ello, se toca el tema de las fuentes de energía, optando por las renovables no convencionales como alternativa para disminuir el impacto ambiental y abastecer de energía la población que aún no la tiene o que, teniéndola, esta no es constante, segura y/o confiable.

Con el desarrollo del presente trabajo se pretende, en primer lugar, hacer una revisión teórica del Desarrollo Sostenible (DS) y sus diferentes componentes; luego se realiza una caracterización socioeconómica de las ZNI del territorio nacional; también se muestra una panorámica del uso global de energías renovables, su impacto y conveniencia, con un enfoque especial que busca realizar un análisis de la energía solar fotovoltaica y su aplicación en Colombia como alternativa para el desarrollo sostenible en aquellas zonas no interconectadas del país, intentando demostrar

los beneficios que ésta puede traer para su desarrollo socioeconómico. Por último, se toma como modelo de estudio un caso exitoso en el Perú que puede brindar una esperanza de implementación en el territorio colombiano.

1 Especificaciones del proyecto

1.1 Planteamiento del problema

Las coyunturas económicas, geopolíticas y ambientales, han generado que en muchos países se cree la necesidad de iniciar una transición de energías de fuentes fósiles hacia recursos energéticos de carácter renovable, 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.

En tal contexto, China, Alemania, España, y Estados Unidos, se consolidan hoy en día como países pioneros en el desarrollo de las mayores capacidades instaladas en tecnologías para el aprovechamiento de la energía hidráulica, eólica, solar, geotérmica y de las biomasas, como fuentes de origen renovable que hacen su aporte en el proceso de transición planteado en lo que a la generación de energía eléctrica se refiere. Entre tanto, países como Estados Unidos, Brasil y Alemania lideran la utilización de bioenergía en el sector transporte. (UPME, 2014).

En los últimos años, según la UPME la capacidad de energía ha venido registrando aumentos muy positivos para el mundo, alcanzando los 2006 GW en el 2013. (UPME, 2014). Igual mente la Unidad de Planeación Minero-Energética atribuye que por séptimo año consecutivo las energías renovables superaron a los combustibles fósiles en inversiones netas por adiciones de capacidad energía alcanzando 285,9 millones de dólares en el año 2015. Para este mismo año el empleo aumentó a un estimado de 5% en el sector de la energía renovable, elevándose a 8.1 millones de puestos de trabajo tanto directos como indirectos. La energía solar fotovoltaica y los biocombustibles proveyeron el mayor número de empleos en energía renovables. Por su parte, la energía hidroeléctrica a gran escala reportó 1.3 millones de empleos directos adicionales. Teniendo

en cuenta todas las tecnologías de energía renovable, los principales empleadores durante el 2015 fueron China, Brasil, India y Estados Unidos. (UPME 2015).

A pesar de esto, según el Marco de Seguimiento Mundial del Banco mundial, se puede observar que, a abril del año 2017, hay 1060 millones personas que aún viven sin electricidad y otros 3000 millones que dependen de la leña u otra biomasa para cocinar y obtener calefacción, actividades que generan contaminación del aire, un problema que causa alrededor de 4,3 millones de muertes todos los años y se prevé que para el 2030 el mundo alcance el 92% de electrificación 7% más desde el año 2012. (Banco Mundial, 2017)

Ahora bien, en el caso colombiano por muchos años el mercado energético de este país ha sido abastecido por fuentes de energías fósiles a pesar de su gran ventaja geográfica para la producción de energías renovables. Sin embargo, hoy en día, debido al impacto ambiental que estas fuentes de energías utilizadas traen, se ha optado en el País por buscar fuentes alternativas de energías renovables como la energía eólica y solar.

Con el fin de dar solución a la problemática energética y ambiental en el año 2013 se realiza un estudio por parte de la Unidad de Planeación Minero Energética en el cual se busca la integración de energías renovables no convencionales en Colombia y afirma que: “Colombia es un país que goza de una matriz energética relativamente rica tanto en combustibles fósiles como en recursos renovables”. Actualmente, la explotación y producción energética del país está constituida a grandes rasgos en un 93% de recursos primarios de origen fósil, aproximadamente un 4% de hidroenergía y un 3% de biomasa y residuos. De esa explotación primaria, el país exporta aproximadamente un 69%, principalmente en forma de carbón mineral y petróleo y utiliza un 31% del cual, cerca del 78% corresponde a recursos fósiles y el 22% a recursos renovables. El país depende entonces en cerca de un 78% de combustibles fósiles que hoy en día está en capacidad de

autoabastecer,² y cuyos niveles de producción actuales (a 2013) indican reservas suficientes para cerca de 170 años en el caso de carbón, del orden de 7 años para el petróleo y 15 años para el gas natural. En el caso de este último, es necesario tener en cuenta que conforme las tasas de producción decrecen y la demanda aumenta, se prevé la necesidad de realizar importaciones a partir del año 2017 o 2018. Dada la baja participación del carbón en la canasta energética doméstica, y la alta participación de combustibles líquidos derivados del petróleo y del gas natural, aun contando con el descubrimiento de nuevas reservas de estos recursos, el desarrollo de fuentes alternativas locales de energía que puedan sustituir por lo menos parcialmente el uso de estas fuentes en el transcurso de las próximas décadas cobra relevancia para satisfacer la demanda energética doméstica futura, a fin de no tener que ceder a una alta dependencia en la importación de estos energéticos convencionales en el largo plazo. (UPME, 2015).

1.2 Justificación del Proyecto

La crisis ambiental que sufre nuestro planeta, representada por la contaminación indiscriminada, el calentamiento global y el deterioro de los recursos, ha hecho encender las alarmas mundiales en búsqueda de soluciones que coadyuven en la creación de una conciencia ambiental que procure un mejor mundo. Uno de los factores que más contribuyen a la contaminación global es la generación de energía y se hace imperativo que en este aspecto se evolucione hacia la utilización de energías limpias que lleguen a geografías olvidadas, especialmente en nuestro país, fomentando además el desarrollo socioeconómico de sus comunidades.

Los incentivos al uso de energías renovables no convencionales son muchos, debido a esto en países de todo el mundo se están implementando como forma de mejorar la calidad de vida de las personas pensando en un desarrollo económico armonioso y social, y su concientización y

compromiso con las futuras generaciones. Para ello, en Colombia para el año 2014 se crea la ley 1715 que pretende incentivar el uso de las energías renovables no convencionales en el país.

Dicha ley se formula en un contexto en el cual diferentes países buscan fuentes alternas de energía que puedan suplir sus necesidades energéticas causando un menor impacto al medio ambiente y pensando igualmente en el desarrollo de sus regiones y un bienestar de sus habitantes. Con base en lo anterior la ley 1715 del 2014 en Colombia pretende 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.” (Congreso de Colombia, 2014).

A pesar de eso, existe población colombiana que no se encuentra integrada al sistema energético nacional debido a distintos factores que han impedido que estas zonas se puedan integrar a la red eléctrica nacional, uno de ellos se debe al difícil acceso a razón de su ubicación geográfica y los altos costos en los que se incurrirían para poderlas interconectar. Con base en lo anterior, dicha población busca suplir sus necesidades energéticas con fuentes alternativas de energía, sin embargo, estas fuentes alternativas no han sido óptimas a la hora de cumplir con las necesidades de la población. En vista de esto, se hace necesario realizar el debido estudio de fuentes de energía que le pueda brindar un desarrollo económico y social a tales poblaciones en busca de una mejora en su calidad de vida y un desarrollo sostenible en las zonas no interconectadas del país.

Lo mencionado anteriormente hace necesario la realización de un trabajo de grado que analice y estudie no sólo si este tipo de energía no convencional se constituye en una alternativa viable para el desarrollo sostenible de estas zonas del país, sino también en qué condiciones se podría lograr.

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Analizar la energía solar fotovoltaica como una alternativa de desarrollo sostenible de las zonas no interconectadas de Colombia.

2.2 Objetivos Específicos

- Estudiar la relación existente entre desarrollo sostenible y uso de energía no convencionales a fin determinar su importancia para el desarrollo de las zonas no interconectadas de Colombia.
- Realizar una caracterización socio económico y ambiental de las zonas no interconectadas de Colombia a fin de precisar sus condiciones de desarrollo actuales.
- Indagar sobre experiencias exitosas a nivel internacional sobre el uso de la energía fotovoltaica como estrategia de desarrollo sostenible con el propósito de comparar su efectividad para el caso de las zonas no interconectadas de Colombia.

3 Metodología

Para el desarrollo de este trabajo, en una primera instancia se realizó una metodología de tipo exploratoria en la cual se hará la respectiva clasificación de la información encontrada. En una segunda instancia, se llevó a cabo una metodología de carácter analítica en donde se pasará a analizar los resultados obtenidos de la investigación realizada.

Para ello, se ha tomado como referencia los términos de “Desarrollo” y “Desarrollo Sostenible” sobre los cuales se basará este análisis llevándolo a las Zonas No Interconectadas de Colombia con el fin de analizar el efecto de la implementación de la energía solar fotovoltaica sobre estas zonas.

Siguiendo este orden de ideas en una primera instancia se estudió los niveles de desarrollo tanto económico como social de las poblaciones que aún no se encuentran integradas al sistema energético nacional y la determinación de la energía como variable relacionada a estos aspectos.

En una segunda instancia, se identificó aquellas zonas no interconectadas en las cuales se usan tipos de energía renovables no convencionales y su relación con el desarrollo sostenible de la región.

Finalmente, se realizó un análisis comparativo de países que cuenten con características similares a Colombia que hagan uso de las energías renovables no convencionales, específicamente la energía solar fotovoltaica, y llevarlos al caso colombiano para de esta forma poder analizar la importancia del uso de estas fuentes de energía como alternativa para el desarrollo sostenible.

4 Desarrollo Sostenible

El término desarrollo sostenible surge en las últimas décadas del siglo XX como alternativa para encaminar el planeta a un desarrollo “amigable” con el medio ambiente. En 1972 se da su aparición tras la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano desarrollada en Estocolmo, Suecia y en donde se discutió por primera vez a nivel mundial la problemática sobre el medio ambiente (Conte Grand & D'Elia, 2018). Sin embargo, aparece con mayor fuerza en 1987 en la conocida Comisión Brundtland en la cual se publicó el informe “Our Common Future” al hacer referencia al concepto de desarrollo sostenible como: “El desarrollo sostenible es aquél que satisface las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades” (Naciones Unidas, 1987) en este informe se daba a entender que debe haber un equilibrio entre el medio ambiente, bienestar social y economía.

Según Senge et al. (2006), otras definiciones han puesto más énfasis en la regeneración de recursos como la dada por John Ehrenfeld, el director ejecutivo de la Sociedad Internacional para la Ecología Industrial, al decir que el desarrollo sostenible es “la posibilidad de que todas las formas de vida florezcan para siempre” o aplicada a los negocios como “la creación de negocios como sistemas vivos alineados con la naturaleza permitiendo que toda forma de vida florezca a través del tiempo”.

A través de los años el concepto de Desarrollo Sostenible ha venido cambiando debido a que ha sido abordado por muchos pensadores que le dan su propia perspectiva. Antes de 1990 se encontraban más de treinta definiciones de este término en la literatura y dos años después se encuentran más de setenta definiciones distintas encontradas por Holmberg & San dbrook (1992).

De acuerdo con Artaraz (2002) el término tiene más de cien definiciones, pero se puede dividir en tres dimensiones: ecológica, económica y social.

Veinte años después de la declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano aprobada en Estocolmo, surgió en Rio de Janeiro una nueva conferencia que se enfocó en el medio ambiente y el desarrollo, esta conferencia se dividió principalmente en dos partes:

La primera parte es la Declaración de los principios que analizaba veintisiete elementos que proponían mejorar el desarrollo sostenible del mundo, implicando cambios políticos, culturales y sociales abordando temas como: el papel de las mujeres con el desarrollo, la importancia de los pueblos indígenas, participación de todo el mundo en la erradicación de la pobreza, promulgación de leyes efectivas sobre el medio ambiente por parte de los Estados, el aumento del intercambio de conocimiento científico, la importante relación entre la guerra y la paz con el desarrollo sostenible y el medio ambiente entre otros. (Naciones Unidas, 2000)

La segunda parte se enfocaba en encontrar las medidas necesarias para disminuir los gases de efecto invernadero y así combatir el cambio climático, también discutió algunos objetivos para la conservación de la biodiversidad encontrando una forma sostenible de la utilización de recursos proporcionados por la naturaleza como los bosques. (Fundación Encuentro, 1992)

A partir de la crisis financiera internacional del 2008 se generó una nueva manera de entender al desarrollo sostenible. Crecimiento verde o economía verde que empezó a ser usado por distintas organizaciones internacionales y tomo fuerza para la Cumbre de Rio+20 nombre abreviado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible que se realizaba tras veinte años de la histórica cumbre de la tierra realizada en 1992 en Rio de Janeiro. (Naciones Unidas, 2012)

En Rio+20 se debatió principalmente políticas y acuerdos para definir el futuro de los siete mil millones de habitantes del mundo hasta ese entonces y para decidir qué mundo es el que se quiere para los nueve mil millones de habitantes que abran en el 2050. De esta reunión surgió el documento llamado “El futuro que queremos” en el cual, se renueva el “compromiso en pro del desarrollo sostenible y de la promoción de un futuro económico, social y ambientalmente sostenible para nuestro planeta y para las generaciones presentes y futuras” (Naciones Unidas, 2012).

La necesidad de esta conferencia surge por la inequidad presente en el mundo actual y el constante deterioro del medio ambiente y de los recursos naturales existentes. Según Rio +20 (2011) en el 2011 unos 1400 millones de personas (una de cada cinco en el mundo) viven con 1,25 dólares a día o menos y millones de personas no tienen acceso a servicios básicos como electricidad, servicios sanitarios o raciones de comida considerables. En este informe también se hace referencia que es necesario poner real atención al cambio climático debido a que en el momento las emisiones de efecto invernadero siguen aumentando y más de un tercio de las especies conocidas están en riesgo de extinción. (Naciones Unidas, 2011).

Ahora bien, debido a la necesidad de los países en desarrollo por crear alternativas y soluciones para la erradicación de la pobreza y que estas a la vez vayan de la mano con los recursos naturales, se empieza hablar de economía verde. El programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) define este término como “la economía verde es la que mejora el bienestar del ser humano y la equidad social, a la vez que reduce significativamente los riesgos ambientales y las escaseces ecológicas. En su forma más básica, una economía verde es aquella que tiene bajas emisiones de carbono, utiliza los recursos de forma eficiente y es socialmente incluyente” (PNUMA, 2011). Aunque esta definición se puede acercar al significado de desarrollo sostenible

estos dos no se deben confundir, más bien se deben acoplar como que la economía verde es un camino para llegar a un desarrollo sostenible.

Con base en esto, el Instituto Global Green Growth Institute (GGGI) lanzó el término “Green Growth” (Crecimiento Verde), el cual está teniendo bastante apoyo después de que “Economía Verde” no fuera muy reconocido por centros políticos y económicos. Este concepto ha ganado popularidad después de la creación de plataforma “Green Growth Knowledge Platform” (GGKP), ganándose el soporte de organizaciones como la OCDE y el Banco Mundial y de países como Japón, China, Corea y la Unión Europea. Crecimiento Verde es definido por la OCDE como “aquel crecimiento que busca fomentar el crecimiento y el desarrollo económicos y al mismo tiempo asegurar que los bienes naturales continúen proporcionando los recursos y los servicios ambientales de los cuales depende nuestro bienestar. Para lograrlo, debe catalizar inversión e innovación que apuntalen el crecimiento sostenido y abran paso a nuevas oportunidades económicas.” (OCDE, 2011), reuniendo de esta manera la dimensión económica y ambiental con el propósito de generar crecimiento y sostenibilidad. sin embargo, la ausencia de la dimensión social hace que algunas instituciones propongan el concepto de Crecimiento Verde Incluyente, también considerado Desarrollo Sostenible, el cual tiene presente todos los aspectos de la sostenibilidad social. De acuerdo con PNUD el Desarrollo Sostenible es definido como la unión entre el crecimiento verde (dimensión económica y dimensión ambiental) y crecimiento incluyente (dimensión económica y dimensión social). (Bermejo, 2014)

4.1 Componentes del desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible tiene tres componentes que le dan sentido y ayudan a entender a lo que está encaminado, estos son:

Sostenibilidad del medio ambiente: Este componente entiende que el medio ambiente es un sistema holístico físico vulnerable y dinámico que la sociedad debe proteger y asegurar su seguridad y su calidad reproductiva de los recursos naturales, estos tienen una capacidad limitada para proveer recursos a nuestro sistema de producción y consumismo. (UNESCO, sf)

Sostenibilidad social: para este componente es fundamental garantizar el bienestar social de la generación futura en ámbitos como seguridad, salud y educación. Se desarrolla con la participación uniformemente de todos los géneros sociales como cohesión mutua para trabajar juntos para lograr objetivos comunes que garanticen la salud calidad de vida y bienestar para todos. (UNESCO, 2012)

Esta sostenibilidad trabaja sobre un principio biométrico que da a entender que todas las formas de vida tienen el mismo valor y que los seres humanos no deben ser preeminentes.

Sostenibilidad Económica: Este componente busca hacer uso de prácticas rentables y ambientalmente responsables que garanticen la capacidad de generar ingresos y empleo para el sustento de la población. (Gallopín, 2003)

No obstante, el término desarrollo sostenible en Colombia es relativamente nuevo, de hecho, fue tomado por primera vez en el año 1991 a través de la asamblea constituyente donde hubo un gran avance con respecto al medio ambiente. En esta nueva constitución se les dio importancia a términos como desarrollo sostenible patrimonio ecológico y calidad de vida y en artículos como el 8 se expresa que es responsabilidad del estado y de la población proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación, por esto fue catalogada como una de las constituciones más avanzadas a nivel mundial.

Actualmente el país tiene cinco metas de la agenda de objetivos de desarrollo sostenibles a 2030 para encaminarse a lograr un desarrollo sostenible. Estos objetivos fueron principalmente

propuestos a desarrollar en las principales ciudades del país y son: Informalidad, Pruebas saber, Cambio climático, Espacios públicos y Posconflicto. (Fundación Corona y de la Red de Ciudades Cómo Vamos, 2016)

Con respecto a los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), estos tienen como finalidad “la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad” (PNUD, S.f), y constan de 17 objetivos según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) que son:

Fin de la pobreza, Hambre cero, Salud y bienestar, Educación de calidad, Igualdad de género, Agua limpia y saneamiento, Energía asequible y no contaminante, Trabajo decente y crecimiento económico, Industria, innovación e infraestructura, Reducciones de las desigualdades, Ciudades y comunidades sostenibles, Producción y consumo responsable, Acción por el clima, Vida submarina, Vida de ecosistemas terrestres, Paz, justicia e instituciones sólidas y Alianzas para lograr los objetivos.

El ODS número siete llamado Energía asequible y no contaminante, nace de la necesidad de abastecer de energía eléctrica a la parte de la población mundial que aún no tiene acceso a ella, al igual que generarla de una manera limpia, es decir, que no sea contaminante con el medio ambiente, debido a que según el PNUD una de cada siete personas en el mundo aún no cuenta con energía eléctrica en su hogar.

Con base en lo dicho anteriormente, países del mundo han venido buscando la manera de implementar energías renovables como fuente alternativa de energía en sus territorios. Sin embargo, a pesar de que en Colombia la principal fuente de energía en las Zonas Interconectadas (ZI) son las hidroeléctricas, en las Zonas No Interconectadas (ZNI) se genera la energía a base de diésel que resulta ser altamente contaminante al igual que genera costos muy elevados.

Por lo tanto, con el fin de cumplir el objetivo número siete, y algunos otros, del desarrollo sostenible es necesario buscar una alternativa a la generación de energía eléctrica en las ZNI de Colombia, que logre mejorar las condiciones de vida de sus habitantes y contribuya al cuidado del medio ambiente.

5 Caracterización socio económica y ambiental de las zonas no interconectadas de Colombia

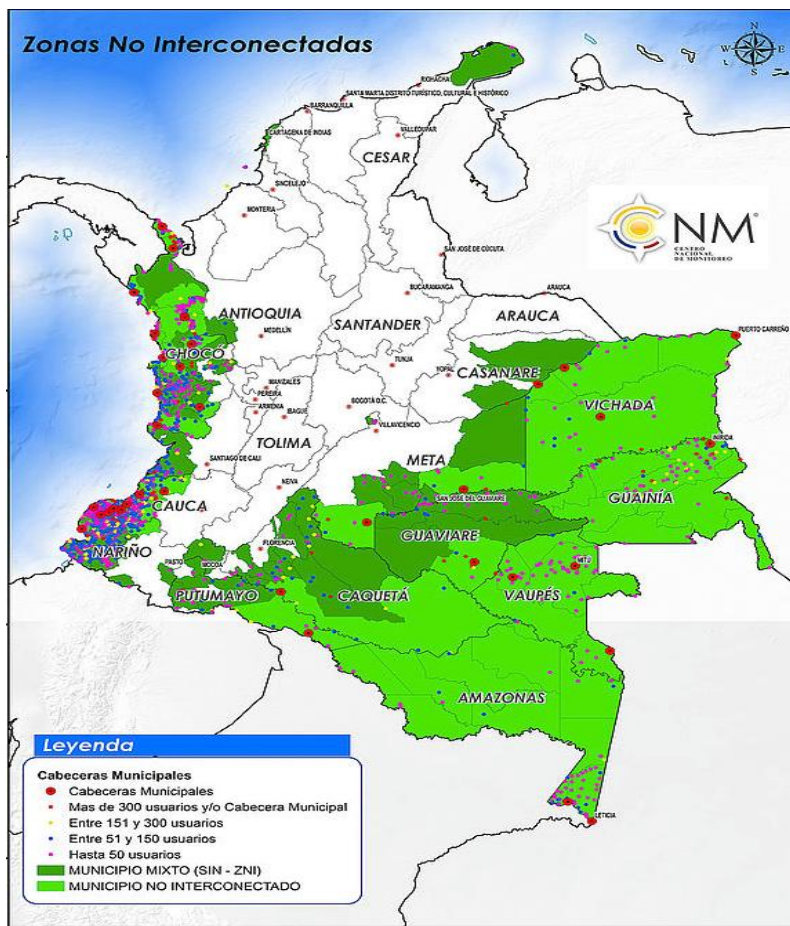
La edición de este año de las *Estadísticas de Capacidad de Energía Renovable* contiene por primera vez datos específicamente para energías renovables fuera de la red. Éstas alcanzaron los 2.800 megavatios (MW) a finales de 2016. Aproximadamente el 40% de la electricidad fuera de la red se suministra con energía solar y el 10% con energía hidroeléctrica. La mayoría del resto proviene de la bioenergía. Se estima que en todo el mundo hasta 60 millones de hogares o 300 millones de personas reciben se benefician de electricidad renovable fuera de la red.

La energía eléctrica se ha convertido a través del tiempo en una necesidad para mejorar nuestra calidad de vida, sin embargo, en Colombia no toda la población cuenta con acceso a este tipo de energía o en algunos casos es limitada, inconstante e insegura. Estas zonas de la población que no cuentan con acceso a la red eléctrica nacional son las denominadas Zonas No Interconectadas (ZNI) y abarcan gran parte del territorio nacional siendo el difícil acceso debido a su ubicación geográfica una de las principales razones por las cuales no se han incluido al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

No obstante, a pesar de no estar integradas a la red eléctrica del país, las ZNI buscan de manera independiente algún mecanismo que les permita obtener energía para suplir algunas de sus necesidades y mejorar de este modo un poco su calidad de vida, según la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) “en las ZNI la prestación del servicio se hace principalmente mediante plantas de generación Diesel, paneles solares y pequeñas centrales hidroeléctricas” (CREG, S.f). De igual forma, este tipo de energía que logran generar resulta tener un mayor costo monetario, no es constante e incluso en algunos casos resulta ser altamente contaminante al medio ambiente.

El 52% del territorio nacional corresponde a ZNI, el cual incluye 90 municipios, 20 territorios especiales biodiversos y fronterizos y 1448 localidades ZNI de las cuales 39 corresponden a cabeceras municipales y 5 capitales departamentales (IPSE, 2014). Las localidades ZNI se encuentran ubicadas en los departamentos de Amazonas, Antioquia, Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Bolívar, Caquetá, Casanare, Cauca, Chocó, Guainía, Guaviare, La Guajira, Meta, Nariño, Putumayo, Valle del Cauca, Vaupés y Vichada, siendo Nariño, Chocó y Cauca los departamentos con mayor número de localidades ZNI en el país con 552, 307 y 128 respectivamente (IPSE, 2014).

Figura 1. Mapa zonas no interconectadas



Fuente: Agencia de Noticias UN. (2016)

5.1 Generación de energía en las zonas no interconectadas de Colombia

La generación de energía eléctrica en Colombia es un proceso que se lleva a cabo en cuatro etapas según (Bustos, Sepúlveda y Triviño, 2014) y que corresponden a las siguientes:

Generación: Corresponde a la producción de energía eléctrica; es efectuada a través de maquinaria capaz de aprovechar y transformar la fuerza del agua (energía hidroeléctrica, la más utilizada en el país), la fuerza del aire (energía eólica), la luz solar (energía solar) o también, el poder energético de los combustibles (energía térmica), entre otros.

Transmisión: La segunda etapa del proceso de la energía eléctrica está basada en el transporte de la energía desde las centrales de generación, hasta entrada de los grandes centros de consumo; esta etapa se realiza a través de cables con características especiales, sostenidos por torres de gran dimensión, tales cables son capaces de llevar no sólo grandes cantidades de energía, sino también llevarlas a través de largas distancias. Este mecanismo se denomina como el Sistema de Transmisión Nacional (STN) y es donde toman relevancia las ZNI.

Distribución: Dado que la transmisión del STN sólo llega hasta un punto de entrada de los grandes centros de consumo, la tercera etapa del proceso tendrá que ver con el transporte de esta energía hasta las instalaciones del consumidor final. Este proceso, al igual que el de la transmisión se realiza mediante cables especiales, de menor tamaño y con características distintas adecuadas a las menores cantidades de energía eléctrica requeridas para el consumo de cada usuario.

Comercialización: Es la etapa final del proceso productivo de la energía eléctrica, corresponde no sólo a la venta realizada a los usuarios finales, sino también a las actividades relacionadas

con la lectura de medidores, la facturación del servicio y en general, actividades involucradas con la atención a los usuarios finales.

Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente en Colombia el sistema de transmisión de la energía eléctrica no llega necesariamente a todas las regiones pobladas del país a causa de distintos factores, a razón de esto, dichas regiones buscan mecanismos para poder generar de manera independiente energía eléctrica a fin de suplir algunas de sus necesidades y mejorar un poco su calidad de vida. En las ZNI la prestación del servicio se hace principalmente mediante plantas de generación diésel, paneles solares y pequeñas centrales hidroeléctricas” (CREG, S.f).

Siguiendo el orden de ideas, se mencionan algunos de los mecanismos que se utilizan en las ZNI de Colombia para la generación de energía eléctrica. No obstante, dichos mecanismos no logran suplir en su totalidad la demanda energética de tales zonas, generando energía por un cierto número de horas y en algunos casos con unos costos bastante elevados.

5.1.1 Diesel

La tecnología a base de diésel para la generación de energía en las ZNI de Colombia es la más utilizada con una “capacidad instalada de 109 mil kW distribuida en 95 agentes generadores integrados verticalmente con la distribución y la comercialización. La tecnología a base de diésel representa el 96,3% del total de la capacidad de generación en las ZNI, distribuido entre 116 plantas de menos de 100 kW” (Flórez, Castillo y Tobón, 2009).

5.1.2 Pequeñas centrales hidroeléctricas

Las pequeñas centrales hidroeléctricas es el segundo tipo de tecnología más utilizada por las ZNI en Colombia representando el 3,7% del total de la capacidad de generación en estas zonas, lo cual corresponde a dos pequeñas centrales hidroeléctricas instaladas (Flórez, Castillo y Tobón, 2009).

Sin embargo, “las centrales hidroeléctricas tienen costos marginales decrecientes, por lo que la construcción de pequeñas hidroeléctricas tiene un costo muy similar a una central más grande por lo que la tasa de retorno es muy baja a largo plazo y el interés de inversión privada es muy bajo” (Bustos, Sepúlveda y Triviño, 2014).

Con base en lo anterior, se puede percibir la carencia de tecnología en Colombia para la generación de energía en las Zonas no Interconectadas siendo la tecnología a base de diésel y de pequeñas centrales hidroeléctricas las opciones de mayor relevancia para suplir las necesidades energéticas de dichas zonas. De igual manera, es evidente que a pesar de que resultan altamente costosos estos tipos de tecnología, no logran abarcar de manera eficiente el total de la demanda requerida por la población de estas localidades, lo cual afecta directamente en la calidad de vida de sus habitantes.

5.2 Calidad de vida en las ZNI de Colombia

La calidad de vida, básicamente hace referencia a que la vida de una persona sea digna, cómoda, agradable y satisfactoria (Hidalgo y Sergiani, s.f), este término de calidad de vida es un “término multidimensional de las políticas sociales que significa tener buenas condiciones de vida ‘objetivas’ y un alto grado de bienestar ‘subjetivo’, y también incluye la satisfacción colectiva de necesidades a través de políticas sociales en adición a la satisfacción individual de necesidades” (Palomba, 2002).

Según (Palomba, 2002) existen varios factores que influyen en la calidad de vida de las personas, estos factores pueden ser de distintos tipos:

FACTORES MATERIALES

- Los factores materiales son los recursos que uno tiene: ingresos disponibles, posición en el mercado, salud, nivel de educación, etc.
- Muchos autores asumen una relación causa-efecto entre los recursos y las condiciones de vida: mientras más y mejores recursos uno tenga mayor es la probabilidad de una buena calidad de vida.

FACTORES AMBIENTALES

Los factores ambientales son las características del vecindario/comunidad que pueden influir en la calidad de vida, tales como:

- Presencia y acceso a servicios, grado de seguridad y criminalidad, transporte y movilización, habilidad para servirse de las nuevas tecnologías que hacen la vida más simple
- También, las características del hogar son relevantes en determinar la calidad de las condiciones de vida

FACTORES DE RELACIONAMIENTO

Incluyen las relaciones con la familia, los amigos y las redes sociales.

La integración a organizaciones sociales y religiosas, el tiempo libre y el rol social después del retiro de la actividad económica son factores que pueden afectar la calidad de vida en las edades avanzadas.

Cuando la familia juega un rol central en la vida de las personas adultas mayores, los amigos, vecinos y otras redes de apoyo pueden tener un rol modesto.

Con base en lo anterior, resulta necesario realizar el análisis de los factores que influyen en la calidad de vida de las personas que residen en las Zonas No Interconectadas de Colombia, teniendo en cuenta la falta o el precario servicio de energía eléctrica con el cual cuentan. Para ello, se identifican unas necesidades básicas que están dimensionadas en: vivienda, servicios públicos básicos, espacio doméstico, asistencia escolar y dependencia económica (DANE, S.f).

Siguiendo este orden de ideas, por medio del indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas se puede estimar “el porcentaje de personas o de hogares que tienen insatisfecha una o más necesidades definidas como básicas para subsistir” (Pérez, 2005). Ahora bien, se observa como aquellos departamentos en los cuales se encuentran gran parte de las Zonas No Interconectadas del país tienen un índice de NBI muy altos. Según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) el Chocó cuenta con un índice NBI del 81.93% en su cabecera municipal, el departamento del Vichada 41.94% y La Guajira 40.47% como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Necesidades Básicas Insatisfechas; Chocó, Vichada y La Guajira

	NBI	
	Cabecera	Resto
Chocó	81,93	76,11
Vichada	41,94	84,4
La Guajira	40,47	91,92

Fuente: DANE 2011

Por otra parte, departamentos que se encuentran totalmente cubiertos por el Sistema Interconectado Nacional cuentan con índices NBI mucho más bajo según los datos del DANE Bogotá cuenta con un índice NBI de 9,16%, Caldas 13,29% y Santander 13,54% como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Necesidades Básicas Insatisfechas; Bogotá, Caldas y Santander

	NBI	
	Cabecera	Resto
Bogotá	9,16	27,84
Caldas	13,29	29,18
Santander	13,54	45,37

Fuente: DANE, 2011

5.3 Problemática en las zonas no interconectadas de Colombia

Como se ha mencionado anteriormente, las ZNI cuentan con índices de NBI muy altos a diferencia de las ZI, es por ello por lo que se hace necesaria una revisión en los factores de calidad de vida en dichas zonas con el objetivo de determinar las falencias que se están teniendo. Con base en esto, se tomará cada factor y se realizará el análisis comparativo entre algunos departamentos ubicados en las ZNI y aquellos que se encuentran integrados al SIN.

5.3.1 Educación

El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE) tiene como misión “mejorar las condiciones de vida de las comunidades, ofreciendo una solución energética estructural; con principios de conservación ambiental y respeto por la diversidad, soportado en un equipo humano en constante formación” (IPSE, 2012).

La educación es una de las principales herramientas para el mejoramiento de la calidad de vida de las personas, al igual que un derecho según la Constitución Colombiana en el artículo 67. De igual manera, “la educación en su ámbito formal de desarrollo asume, a través de la escuela, un rol fundamental en la promoción de factores protectores de los individuos y su comunidad. En este

sentido, las acciones de promoción y prevención escolar están destinadas a los educandos, a sus familias y a la comunidad circundante” (De Vincezi y Tudesco, 2009)

Ahora bien, teniendo en cuenta la importancia de las escuelas para el proceso de educación mencionado anteriormente, de igual forma se hace necesario que estos establecimientos cuenten con condiciones óptimas para lograr de manera más eficiente su objetivo. No obstante, en Colombia 4455 escuelas no cuentan con servicio de energía eléctrica o este servicio es insuficiente (IPSE, 2012). Con base en esto, se puede inferir que el acceso a la información por medio de tecnologías como el internet se hace casi imposible en estas zonas, impidiendo una formación de calidad a sus habitantes.

El Consejo Privado de Competitividad mide el Índice De Competitividad (IDC) de manera departamental en Colombia, para ello, toma como referencia veinticinco departamentos y una ciudad (Bogotá) y hace el análisis por medio de factores que determinan los pilares a tener en cuenta. Con base en los factores estudiados para cada ítem se le otorga a cada departamento un puntaje de 0 – 10 de acuerdo con su nivel de competitividad en cada uno de los pilares.

Uno de esos pilares corresponde al de Educación Superior y Capacitación, en el cual los departamentos y/o ciudad con mayor puntaje en el año 2017 fueron Caldas, Bogotá, Antioquia, Santander y Risaralda con puntajes de 8.05, 7.94, 7.26, 7.02 y 6.58 respectivamente. Por otro lado, los departamentos con menor puntaje de IDC fueron Putumayo, Chocó y La Guajira con 1.27, 1.41 y 2.04 respectivamente (Consejo Privado de Competitividad, 2017).

Respecto a lo dicho anteriormente, cabe resaltar que los departamentos y/o ciudad que se ubican en los primeros puestos corresponden a ZI, por el contrario, los departamentos con menor puntaje en el IDC corresponden a departamentos con gran parte de su territorio ubicado en las ZNI.

De la misma manera se mide el IDC de la Educación Básica y Media de cada departamento en donde los primeros puntajes los ocupan Boyacá, Santander, Casanare, Bogotá y Cundinamarca con 8.52, 7.81, 7.53, 7.3 y 7.09 respectivamente. Sin embargo, los departamentos con puntajes más bajos en este pilar están La Guajira, Chocó y Caquetá con 3.13, 3.43 y 3.52 respectivamente (Consejo Privado de Competitividad, 2017).

5.3.2 Salud

La salud, al igual que la educación, también es considerada como otro factor importante en la calidad de vida de las personas de la misma manera que es un derecho según la ley estatutaria 1751 la cual regula el derecho fundamental a la salud.

Sin embargo, para llevar a cabo el servicio de la salud de una manera responsable, se hace necesario contar con un buen sistema de energía eléctrica. “La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que más de 3.000 millones de personas, la mayoría en países que reciben financiamiento de la Asociación Internacional de Fomento (AIF), usan leña, estiércol, carbón y otros combustibles tradicionales en el interior de las viviendas para cocinar o como medio de calefacción. La contaminación del aire en esos espacios interiores es responsable de la muerte de 1,5 millones de personas al año, en su mayoría niños y mujeres” (AIF, S.f).

En el departamento de Chocó, una de las principales zonas que no cuenta con cobertura eléctrica según el (Ministerio de Salud, 2007)

Del total de los eventos de uso, los exámenes de laboratorio comprenden el 1,3%. De ese total, el 0,2% se realizó en los hombres. En Chocó, la participación de rayos X/imágenes diagnósticas entre los eventos de consulta es baja, el 0,1% de los usuarios de consulta externa ha recibido esta

atención. La participación femenina es mayor, el 69,2% de exámenes practicados se atribuyó a las mujeres y el restante 30,8% a los hombres.

Dentro de los usuarios de consulta externa, el 1,7% manifiesta haber recibido atención en vacunación. La mayor concentración de atención se encuentra en las mujeres, con un 50,6%, mientras que los hombres tienen un 49,4%. Para comprender esta proporción, hay que tener en cuenta que sólo la población menor es sujeto de este tipo de servicio.

La atención en sesión educativa representa el 0,1% de los eventos. Dentro de estas sesiones, los usuarios que sólo reciben esta atención son las mujeres. Dentro de la atención en consulta o control de planificación familiar en Chocó, el 1,3% de los eventos corresponde a este tipo de atención y sólo las mujeres la reciben.

Al igual que en el factor de la educación, también se mide el IDC de la salud por medio del Consejo Privado de Competitividad. Este índice obtiene un puntaje de 0 – 10 en el cual 0 significa la competitividad más baja, en este caso el factor salud, y 10 la competitividad más alta. Ahora bien, los departamentos y/o ciudad con mayor puntaje en el IDC en el 2017 son: Bogotá, Atlántico y Antioquia con 7.04, 6.81 y 6.27 respectivamente, seguidos de Huila y Santander con 6.04 y 5.9 respectivamente. Por otra parte, los departamentos con menor puntaje en el IDC para el mismo año son La Guajira, Chocó y Caquetá con 2.66, 3.11 y 3.93 respectivamente (Consejo Privado de Competitividad, 2017).

Por consiguiente, se puede deducir que los departamentos con menores IDC fueron aquellos que tienen gran parte de su territorio en las ZNI a diferencia de los que ocupan los primeros puestos que si se encuentran integrados al SIN.

5.3.3 Fuente de economía

Las fuentes de economía en las ZNI se han visto muy limitadas debido en parte a la falta o escases del recurso energético, lo cual impide el uso de nuevas tecnologías que puedan mejorar los factores de producción.

Por un lado, en los territorios del departamento de San José del Guaviare, el cual se encuentra ubicado en las ZNI, predominan las tierras planas o ligeramente onduladas, que en su mayoría corresponden a la llanura Amazónica, salvo los terrenos del norte, que hacen parte de los Llanos Orientales. Algunos sistemas montañosos sobresalen y entre ellos están las sierras de Chibiriquete, San José y Tunahí y los cerros Campana y Otare, con alturas cercanas a los 800 M.S.N.M (Cámara de Comercio San José, 2017).

En cuanto a la economía de dicho departamento, ésta gira alrededor del sector agropecuario. Son sus renglones legales más importantes, los servicios, la explotación forestal, la pesca, y en los últimos años, la ganadería y la agricultura, las que han tenido un gran impulso (Cámara de Comercio San José, 2017).

Por otra parte, siendo el Chocó el departamento con mayor número de localidades que no se encuentran integradas al SIN, para el año 2014 la economía de este departamento se “contrajo anualmente 2,1%, completando el tercer año consecutivo con tasas negativas. Esta evolución se sustentó en el débil desempeño de extracción de minas y canteras, donde minerales metalíferos, su principal componente, marcó una importante reducción. Dicho comportamiento no alcanzó a ser compensado por los aumentos en agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca, construcción y comercio, reparación, restaurantes y hoteles” (ICER, 2016). De igual forma, las exportaciones permanecieron siete años en zona negativa, luego de las expansiones entre 2006 y 2008 por cuenta

de las transacciones de productos minerales asociados a la extracción aurífera, renglón que no volvió a presentar registros (ICER, 2016)

5.3.4 Pobreza

La pobreza es un factor muy característico de las zonas no interconectadas en Colombia y ello en parte por la carencia de energía eléctrica que sea confiable, segura y constante. A raíz de esto, se puede observar como la relación de departamentos del país que cuentan con gran parte de su territorio entre las ZNI tienden a ser los que mayores niveles de pobreza registran. Por un lado, departamentos como Chocó, Cauca, La Guajira y Córdoba, cuentan con niveles de incidencia de la pobreza de 63,1%, 58,4%, 55,8% y 51,8% respectivamente (PND, 2014).

De la misma manera, los niveles más altos de pobreza extrema se ven reflejados en departamentos como Chocó y Cauca, los cuales registran 35,6% y 28,4% respectivamente, estando muy por encima del promedio nacional el cual se ubica en 8,4% (PND, 2014)

Así mismo, la región de los llanos orientales también se ha visto afectada debido a que gran parte no se encuentra integrada a SIN. Igualmente, los Indicadores de Pobreza Multidimensional se encuentran bastante elevados como se puede observar en la Tabla 3

Tabla 3. Indicador de Pobreza Multidimensional, región llanos orientales 2017

	IPM
Arauca	59,20%
Casanare	56,75%
Guainía	78,80%
Guaviare	75,00%
Meta	51,10%
Vaupés	77,80%
Vichada	84,30%

Fuente: Cámara de Comercio de San José, 2017

5.3.5 Producto Interno Bruto

El Producto Interno Bruto (PIB) es el total de bienes y servicios producidos en un país durante un período de tiempo determinado. Incluye la producción generada por nacionales residentes en el país y por extranjeros residentes en el país, y excluye la producción de nacionales residentes en el exterior (BANCO DE LA REPÚBLICA, S.f). Sin embargo, este factor macroeconómico también sirve para la medición dividida de las regiones de un país.

En la Tabla 4 se puede observar el PIB departamental a precios constantes durante los años 2010 – 2016 en cifras de miles de millones. Sin embargo, se le da mayor relevancia al PIB de departamentos como Amazonas, Guainía, Vaupés, Vichada, San Andrés, entre otros que cuentan los números más pequeños a lo largo de los últimos años. Igualmente, se puede identificar la marcada diferencia entre aquellos departamentos que cuentan gran parte de su territorio o en su totalidad con ZNI y los que se encuentran totalmente o mayormente conectados al SIN.

Tabla 4. PIB Precios constantes 2010 - 2016

	PIB - PRECIOS CONSTANTES 2010 - 2016						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Amazonas	299	308	320	333	346	353	360
Antioquia	56.673	61.323	63.805	66.612	71.170	73.963	75.875
Arauca	3.481	3.345	3.175	3.078	2.839	2.964	2.838
Atlántico	16.585	17.515	18.723	19.718	21.031	22.199	23.099
Bogotá	112.169	118.508	122.685	127.413	133.333	139.750	143.949
Bolívar	16.270	17.738	18.179	19.985	19.595	19.382	21.588
Boyacá	11.575	12.658	13.050	13.431	14.004	14.501	14.306
Caldas	6.714	6.727	6.778	7.209	7.614	7.795	7.933
Caquetá	1.825	1.889	2.115	2.238	2.357	2.396	2.511
Casanare	6.666	7.685	8.173	8.633	9.153	8.942	8.375
Cauca	6.272	6.508	7.096	7.918	8.280	8.785	9.000
Cesar	7.980	8.887	9.456	9.381	9.935	10.156	10.287
Chocó	1.919	2.039	1.961	1.794	1.756	1.838	1.869
Córdoba	7.811	7.770	8.535	8.843	9.208	9.238	9.455
Cundinamarca	22.517	24.499	25.391	26.418	27.276	28.006	28.750

	PIB - PRECIOS CONSTANTES 2010 - 2016						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Guainía	137	138	148	157	158	162	164
Guaviare	330	338	350	367	390	407	405
Huila	7.368	7.858	8.025	8.365	8.745	8.696	8.796
La Guajira	4.914	5.219	5.501	5.528	5.685	5.644	5.507
Magdalena	5.871	5.984	6.246	6.578	6.507	6.726	6.791
Meta	16.090	19.543	21.038	23.314	22.602	22.949	21.445
Nariño	6.250	6.634	7.004	7.450	7.809	8.180	8.245
Norte de Santander	7.267	7.430	7.546	7.939	8.317	8.430	8.710
Putumayo	1.939	2.013	1.998	2.476	2.600	2.390	2.243
Quindío	3.169	3.388	3.644	3.684	3.790	3.971	4.078
Risaralda	6.414	6.513	6.704	7.215	7.552	7.802	8.153
San Andrés	621	654	680	724	756	787	815
Santander	29.459	30.767	31.563	32.829	35.896	36.393	36.519
Sucre	3.326	3.548	3.741	3.919	4.133	4.175	4.182
Tolima	9.273	9.581	9.905	10.397	10.751	10.831	11.096
Valle	42.680	44.596	46.289	48.326	50.771	52.633	54.048
Vaupés	122	129	129	139	144	150	149
Vichada	275	249	259	278	279	278	279

Fuente: DANE, 2017

Con base en lo mencionado a través del presente documento, se puede observar las falencias con las cuales viven las ZNI de Colombia y sus precarias condiciones en cuantos a los factores de calidad de vida. Dichas problemáticas se pueden ver reflejadas visto de alguna manera debido a las condiciones energéticas con las cuales viven sus habitantes.

Sin embargo muchas de estas zonas rurales que no están interconectadas están ubicadas en zonas de difícil acceso por lo que llevar infraestructura para conectarla al SIN es casi imposible y tendría unos costos muy elevados, afortunadamente Colombia es un país que debido a su ubicación geográfica y a sus condiciones climáticas cuenta con un gran potencial para la implementación de energías renovables incluso en las ZNI, lo cual puede ser una alternativa para mejorar la calidad de vida de dicha parte de la población y aportar al desarrollo sostenible de sus regiones.

6 Energías renovables

Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana, aunque habría que decir que, para fuentes como la biomasa, esto es así siempre que se respeten los ciclos naturales. El sol es el instrumento principal de energía para las fuentes de energías renovables, entre ellas se encuentran la energía solar, eólica, biomasa, hidráulica, geotérmica, entre otras. (Merino, 2007)

Teniendo en cuenta esto, podemos decir que la energía renovable es aquella que utiliza procesos para generar energía, sin alterar el equilibrio térmico del planeta, y que la generación de residuos es mínimo comparado con energías fósiles.

Otro aspecto positivo de las energías renovables es que los insumos principales para obtenerla están brindados por la naturaleza como lo son el sol, agua, tierra y viento y gracias a esto estas energías se pueden desarrollar casi que en cualquier parte del planeta.

Estas fuentes de energía renovable actualmente las están empezando a adoptar en distintos países con el fin de mitigar los problemas ambientales que se están causando a raíz de las fuentes de energía no renovables, sin embargo, se conoce que a pesar de que las energías renovables también generan un impacto ambiental, este es mucho menor que el impacto producido por las fuentes de energía no renovables. (Merino, 2007)

6.1 Principales fuentes de energías renovables

6.1.1 Energía eólica

La energía eólica es la energía obtenida del viento. Es uno de los recursos energéticos más antiguos explotados por el ser humano y hoy en día la energía más estudiada, desarrollada y eficiente de

todas las energías renovables. Funciona por medio de aerogeneradores, de tamaños variables que transforman con sus aspas la energía cinética del viento en energía mecánica. La energía eólica es la tiene la segunda más grande capacidad instalada con el 23,2 % del total después de la energía hidroeléctrica según (IRENA, 2017)

6.1.2 Energía solar

La energía solar es aquella que se genera a través de la radiación del sol y ésta “hoy en día representa la segunda fuente de energía renovable de mayor penetración en el mundo, después de la eólica, con una producción que equivale a entre 0,85% y 1% de la demanda mundial de electricidad” (Merino, 2007). El aprovechamiento de esta energía se realiza de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema foto térmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico). Esta energía al año 2016 alcanzo el 14.7 % del total de la capacidad instalada como lo muestra el grafico 1.

6.1.3 Biomasa

Se define biomasa como la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biológica degradable de los residuos industriales y municipales. Por tanto, los recursos de biomasa provendrán de fuentes muy diversas y heterogéneas.

La biomasa funciona a partir de combustión directa o transformando esa materia en otros combustibles, como alcohol, metanol o aceite. También se puede obtener biogás, de composición parecida al gas natural, a partir de desechos orgánicos. Igualmente, esta energía alcanzo un 5.3% del total de la capacidad instalada a nivel mundial al año 2016 según (IRENA, 2017)

6.1.4 Energía geotérmica

Este tipo de energía renovable se basa en el aprovechamiento del calor que existe en el subsuelo de nuestro planeta. Es decir, utiliza el calor que se desarrolla por medio de reacciones químicas naturales que suceden en el interior del subsuelo y permiten la producción de calor en las capas internas de la tierra.

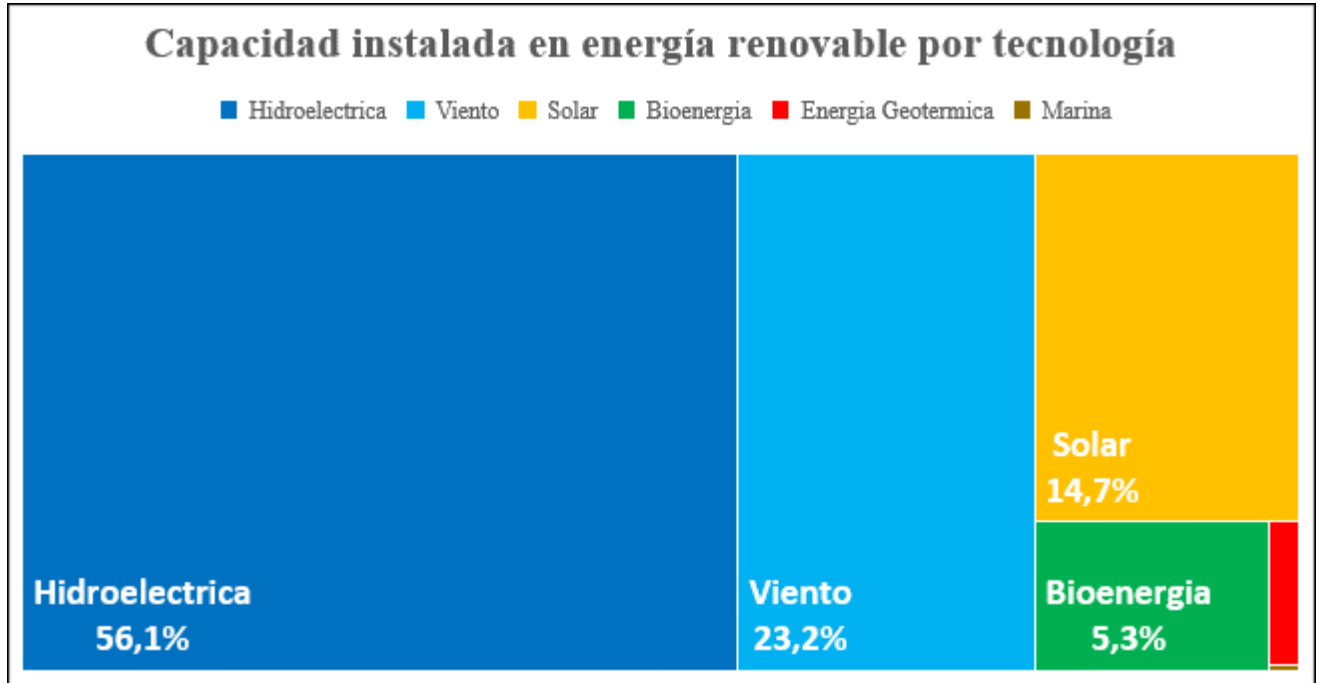
La energía geotérmica cuando se extrae de una manera adecuada trae grandes beneficios tales como generar electricidad con un bajo impacto ambiental y tiene un menor costo que el empleado por combustibles fósiles como el carbón y el petróleo.

Lamentablemente es común, que muchos proyectos fracasen debido al coste de iniciar operaciones a gran escala, por lo que algunos proyectos terminan con retrasos o complicaciones que pueden llevar al fracaso de estos grandes proyectos. Esto según el estudio Análisis Comparativo de Estrategias para Mitigar los Riesgos Asociados con los Recursos Geotérmicos, de ESMAP, un fondo global de asistencia en proyectos energéticos administrado por el Banco Mundial.(Banco Mundial, 2016)

6.1.5 Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es un tipo de energía que trabaja con la electricidad producida por el agua. Es una de las fuentes más grande de electricidad en el mundo representando al 2013 el 20% del total de la energía generada en el mundo también es la fuente de energía renovable más grande representando al 2016 el 56.1% del total en la capacidad instalada mundial con aproximadamente 1.128 GW como se ve en el gráfico 1. El método más común que vemos de esta fuente es a través de una represa o represa hidroeléctrica. (IRENA,2017)

Gráfico 1. Capacidad Instalada en Energía Renovable por Tecnología



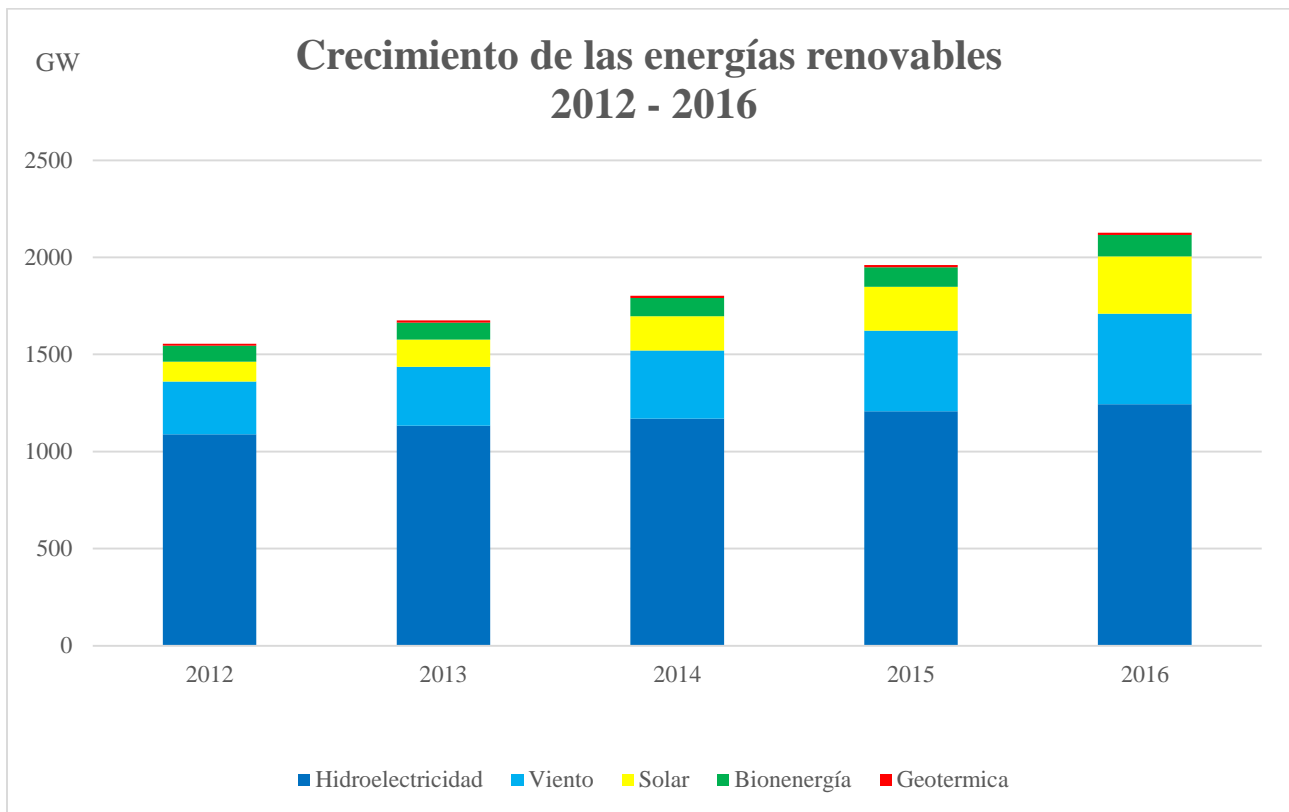
Fuente: IRENA 2017

6.2 Perspectivas de las energías renovables

En la actualidad las energías renovables se han consolidado como la fuente de energía futura. Su acelerado crecimiento en el sector eléctrico, el cual está principalmente estimulado por factores como el aumento de la rentabilidad de las tecnologías renovables, beneficios financieros y tributarios; demanda creciente en estas energías por parte de economías en desarrollo y emergentes, y la necesidad del acceso a una energía modernizada. Todo esto ha hecho que las energías renovables aumenten año a año, alcanzando en el 2016 un aumento a la capacidad instalada de 161 gigavatios (GW), lo que indica un aumento del 9% con respecto a 2015, y alcanzando casi 2.017 GW en el total de capacidad instalada mundial (IRENA, 2017).

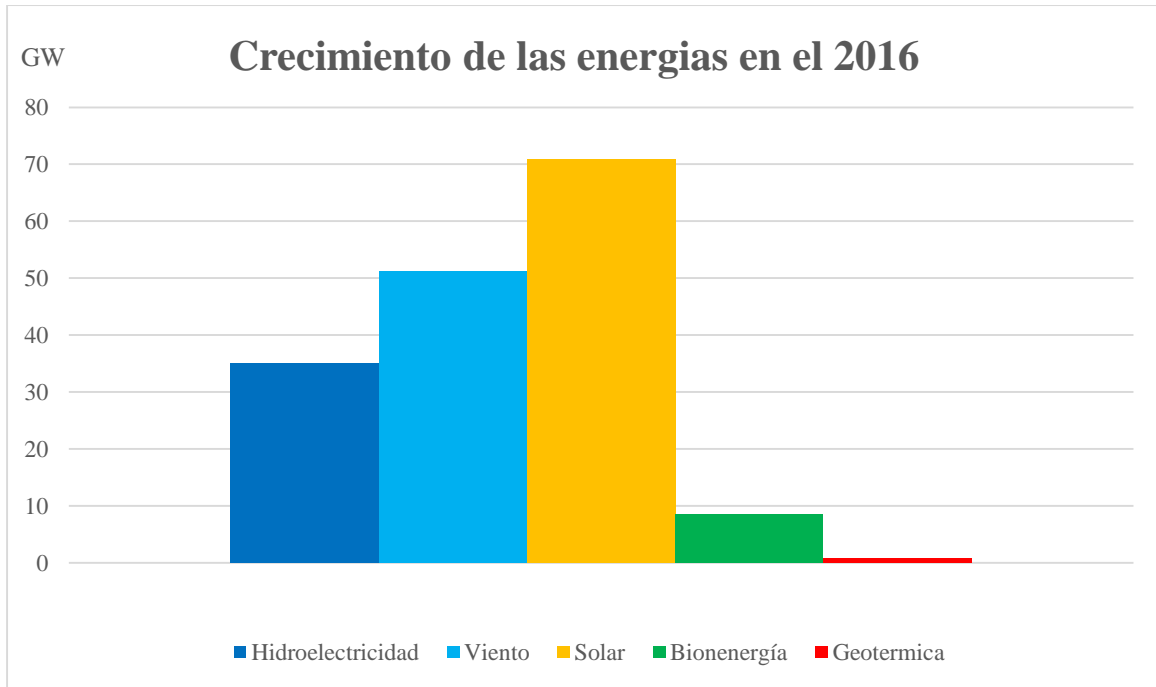
Con respecto a lo anterior es pertinente resaltar que la energía solar fotovoltaica represento el 44% (71GW) de la capacidad instalada mundial añadida en el 2016 superando la energía eólica con un 32% (51GW) mientras que la energía hidráulica y la bioenergía aumentaron respectivamente 19% (30 GW) y 5.6% (9GW) y por último esta la energía geotérmica que aumento 0.6% (890MW) como se puede observar en los Gráficos 2 y 3.

Gráfico 2. Crecimiento de las Energías Renovables 2012 - 2016



Fuente: IRENA 2017

Gráfico 3. Crecimiento de las Energías en el 2016



Fuente: IRENA 2017

Otras cifras a tener en cuenta es que si se excluyen los proyectos de hidroeléctrica el total es de 921 GW de capacidad instalada al 2016. Desde luego las centrales hidráulicas dominan el sector, con 1.096 GW, pero el resto de los segmentos aumentan a buen ritmo. La eólica es la siguiente, con 487 GW, seguida de la solar, que cuenta ya con 303 GW de capacidad. Por detrás está la capacidad de la biomasa, con 112 GW y, mucho más alejada la geotérmica (13,5 GW) (IRENA, 2017).

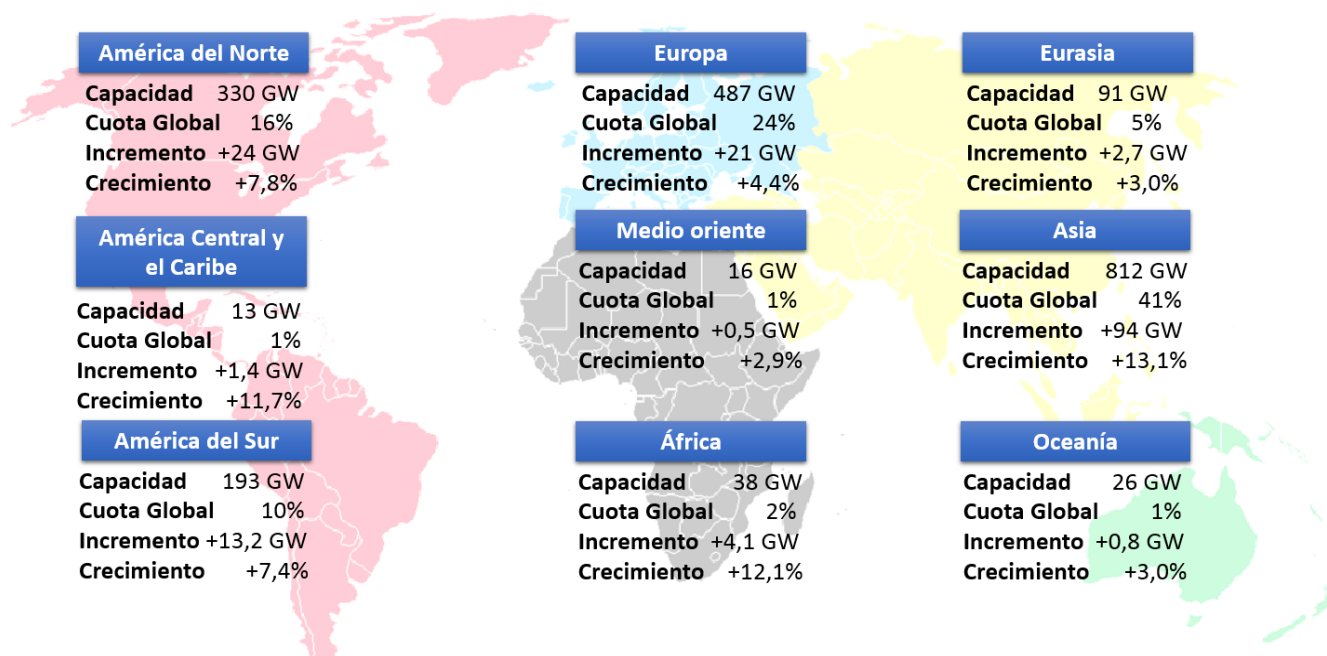
6.2.1 Capacidad instalada en energías renovables por regiones del mundo

Asia representó el 58% de las nuevas adiciones renovables en 2016, de acuerdo con los datos, lo que le da un total de 812 GW o aproximadamente el 41% de la capacidad global. Asia también fue la región de más rápido crecimiento, con un 13,1% de aumento en la capacidad renovable; en

donde China creció en 13,3%. África instaló 4.1 GW de nueva capacidad en 2016, dos veces más que 2015 (IRENA, 2017).

Europa mostró un crecimiento de 4,4%, con 21 GW añadidos llegando a una capacidad de 487 GW, esto es el 24% de participación mundial. En la zona, Reino Unido registró un avance del 10,8%, mientras que Alemania y Francia lo hicieron en un 6,5% cada una. España sólo creció un 0,13%. (IRENA, 2017).

Figura 2. Capacidad de Generación de Energías Renovables a Nivel Regional



Fuente: IRENA 2017

6.3 Energía Solar Fotovoltaica

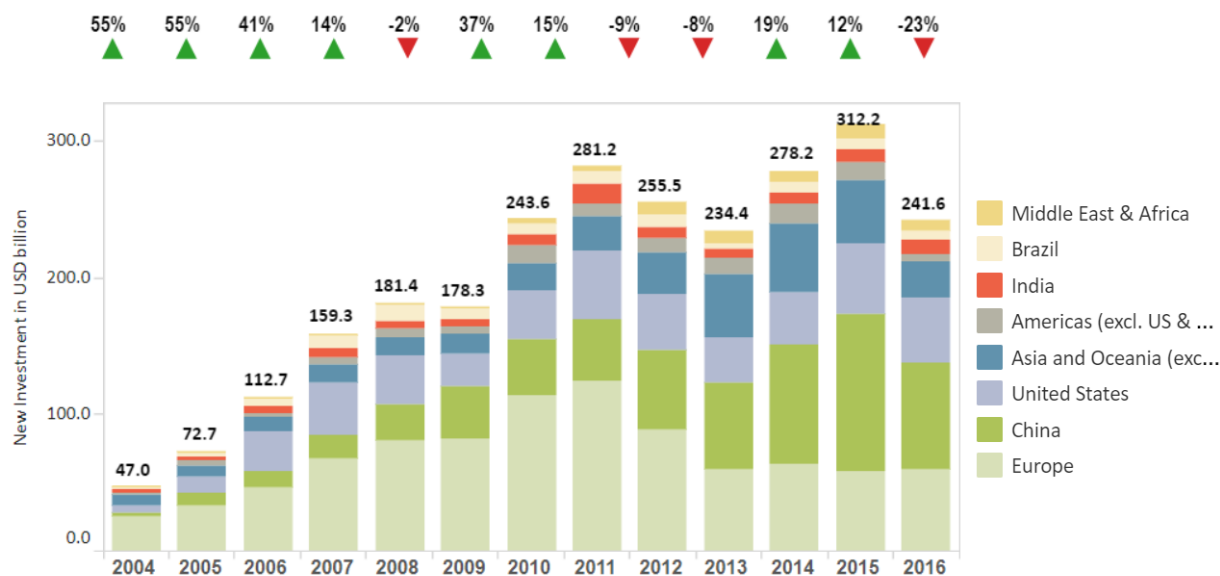
La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable no convencional que funciona a partir de la obtención de radiación solar por medio de un dispositivo llamado célula fotovoltaica.

Esta energía tiene innumerable aplicación ya que por su fácil instalación y comercialización es posible utilizarla para alimentar cualquier aparato electrónico en casi cualquier lugar del planeta.

Este tipo energía ha avanzado de manera exponencial en los últimos años ha recibido el apoyo de organizaciones importantes y de la mayoría de las potencias mundiales que ven en la energía solar fotovoltaica el futuro energético mundial. Gracias a ello esta fuente de energía limpia se ha convertido en la tercera fuente de energía renovable de mayor relevancia en términos de capacidad instalada a nivel mundial y es la que tiene el mayor crecimiento año tras año en su capacidad instalada, aumentando del año 2000 al 2016 en un porcentaje cercano al 23.700% pasando de 1.223 Mw instalados a 291.084 Mw (IRENA, 2017).

Otro dato de gran importancia es que, gracias a las grandes inversiones en esta energía, se ha podido avanzar rápidamente en hacer mejoras tecnológicas que disminuyan los costos de producción y aumenten su productividad logrando con esto que su coste medio de generación eléctrica pueda competir en el mercado con fuentes de energía convencionales. En cuanto a la Inversión mundial en energías renovables, el 2016 cerró con una inversión de 241.6 millones de dólares, 23% menor que la cifra del año anterior (312.2 millones de dólares). También con respecto a la inversión mundial las regiones del mundo que lideran esta variable son China que actualmente tiene el 32% de la inversión total, también destaca la región europea con un 25%, Estados Unidos con 19% y la región asiática y oceánica (sin China) con un 15%, y el 9% restante está distribuido entre el medio oriente, África y las Américas (excluido Estados Unidos).

Gráfico 4: Inversión en Energías Renovables por Región 2004 - 2016



Fuente: IRENA 2017

6.3.1 Principales aplicaciones de la energía solar fotovoltaica

Electrificación rural: La electrificación rural es una de las principales características y ventajas de la energía fotovoltaica ya que, gracias a su fácil instalación y transportación, esta puede ser llevada a zonas remotas de difícil acceso como las ZNI que tengan deficiencias en la parte eléctrica.

En algunos casos la energía solar no es suficiente para alimentar las ZNI por lo que para asegurar un sistema estable y continuo se está aplica un sistema hibrido entre FV-Diesel

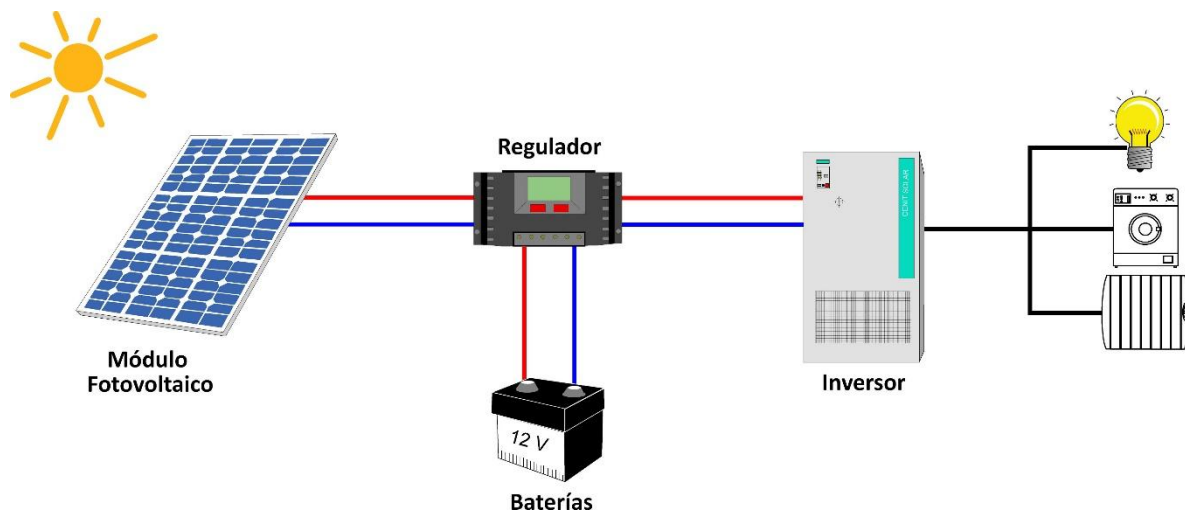
6.3.2 Sistemas de Bombeo Solar

Son sistemas que por medio de energía solar fotovoltaica se bombea agua del subsuelo haciendo posible las cosechas u otras actividades en zonas de climas áridos y semiáridos alejados de ríos u otra fuente hídrica.

Sistemas rooftops PV: son sistemas que aprovechan el espacio del techo de los edificios y casas para instalar sistemas fotovoltaicos que ayuden a obtener energía para alimentar el consumo energético que haya.

6.3.3 Componentes de un Sistema Fotovoltaico

Figura 3. Componentes de un Sistema Fotovoltaico



Fuente: Cenit solar

6.3.3.1 Módulo solar fotovoltaico

Componente encargado de convertir la radiación solar en energía eléctrica. Está formado por varios módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o en paralelo, también lo conforman unidades llamadas células fotovoltaicas. Están fabricados principalmente por semiconductores monocristalinos o policristalinos. Los más comunes son los policristalinos ya que tienen un mejor precio y mayor disponibilidad en el mercado internacional y colombiano. Estos son caracterizados por su potencia nominal que puede generar este panel en condiciones ideales (radiación de 1kW/m^2 y temperatura de 25°C). (Abella, s.f)

6.3.3.2 Regulador de carga

Este es un componente necesario del sistema, administra de forma eficiente la energía captada por los módulos y lo envía hacia las baterías prolongando su vida útil protegiendo el sistema de sobrecarga y sobredescarga. El regulador de carga también puede realizar funciones de compensación por la temperatura de la batería. Este componente es comercializado basado en su capacidad máxima de corriente a controlar medida en amperios (Abella, s.f).

6.3.3.3 Batería

Estas baterías se encargan del almacenamiento energético debido al desplazamiento temporal que pueda existir entre los periodos de generación y los periodos de consumo, su comercialización está basada en la capacidad de almacenamiento de energía y es medida en Amperios hora (Ah). La gran mayoría de barias del mercado son de plomo acido porque estas se adaptan bien a los sistemas de energía fotovoltaica (Abella, s.f).

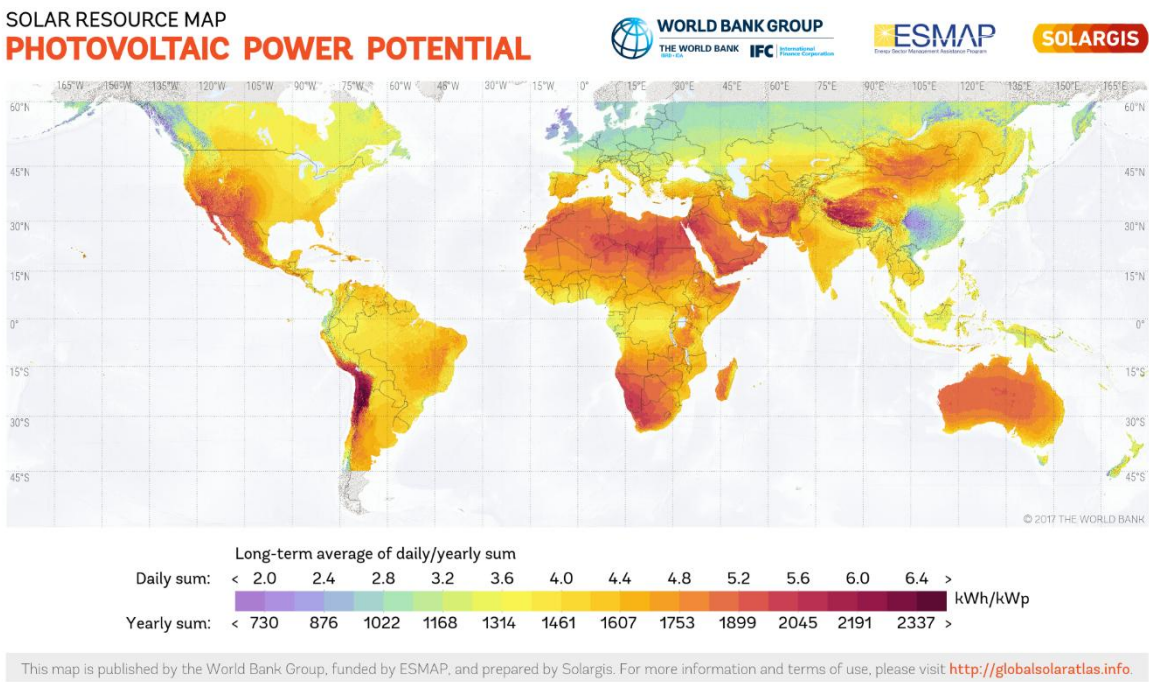
6.3.3.4 Inversor

Este es un componente necesario porque un sistema fotovoltaico produce corriente continua y para poder utilizar y comercializar esta energía tiene que ser convertida a corriente alterna. Normalmente este inversor está conectado directamente al generador fotovoltaico, pero para sistemas autónomos este generalmente va conectado a la batería.

Los inversores cumplen funciones de inversión DC/AC, regulación del valor eficaz de la tensión de salida y de modulación de la onda alterna de salida. Los inversores pueden ser monofásicos o trifásicos y pueden ser clasificados según su función de forma de onda de tensión de salida. (Abella, s.f)

6.3.4 Potencial Energía Fotovoltaica

Figura 4. Potencial Energía Fotovoltaica a Nivel Mundial

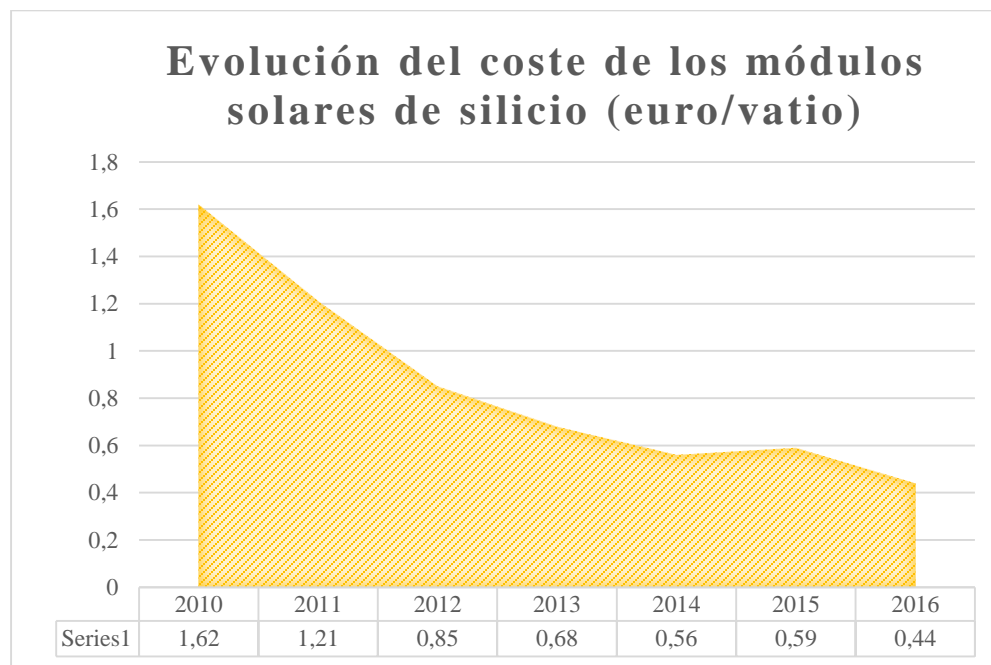


Fuente: Global Solar Atlas, 2016

En el 2017 el Banco Mundial lanzo “Global Solar Atlas” una herramienta gratuita que muestra el potencial fotovoltaico y la irradiación de casi todos los países además de otras interesantes herramientas. Este instrumento ahora puede proporcionar ayuda informativa a gobiernos e inversionistas a identificar sitios con gran potencial para la generación de energía solar en casi cualquier lugar del mundo con solo un clic ahorrándoles millones de dólares y aumentando esta clase de proyectos. (Global Solar Atlas, 2016)

6.3.4.1 Evolución del coste de los módulos solares de silicio (euro/vatio)

Gráfico 4. Evolución del Coste de los Módulos solares de silicio (euro/vatio) 2010 - 2016

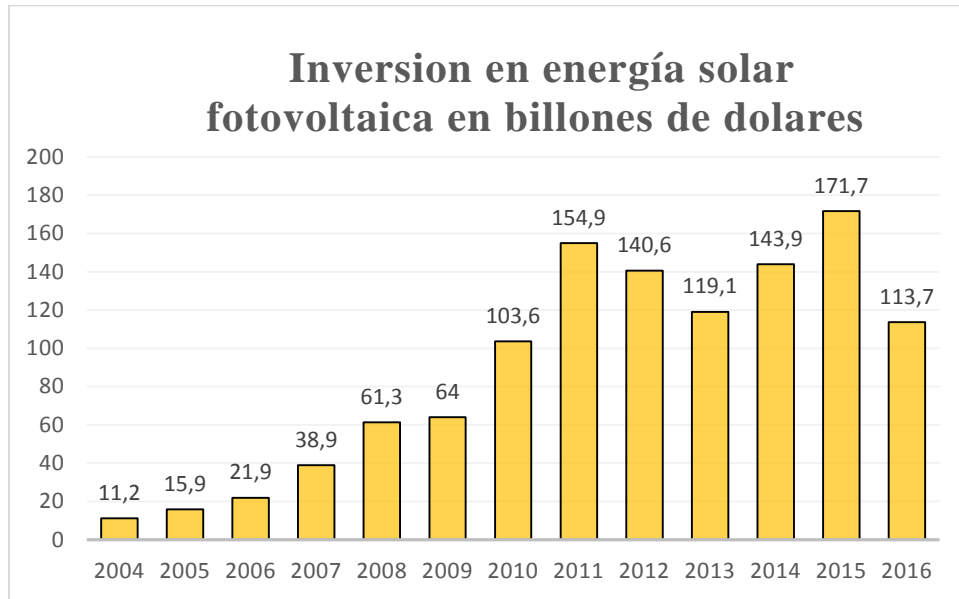


Fuente: Elaboración propia basada en PVInsights 2017

Gracias a las gigantescas inversiones que ha tenido la energía solar fotovoltaica, esta ha podido reducir el coste de los módulos solares de silicio a precios que ya empiezan a competir con el carbón y el gas. A nivel mundial el precio de los módulos solares ha caído en un 50% entre 2016 y 2017 (PVinsights 2017). También se ha vuelto más rentable que la energía eólica ya que su precio medio para producir un Mw/h es de 10.000 dólares por debajo de lo que cuesta la energía eólica. (Bloomberg 2018)

6.3.4.2 Inversión en energía Solar Fotovoltaica

Gráfico 5. Inversión de Energía Solar Fotovoltaica 2004 - 2016



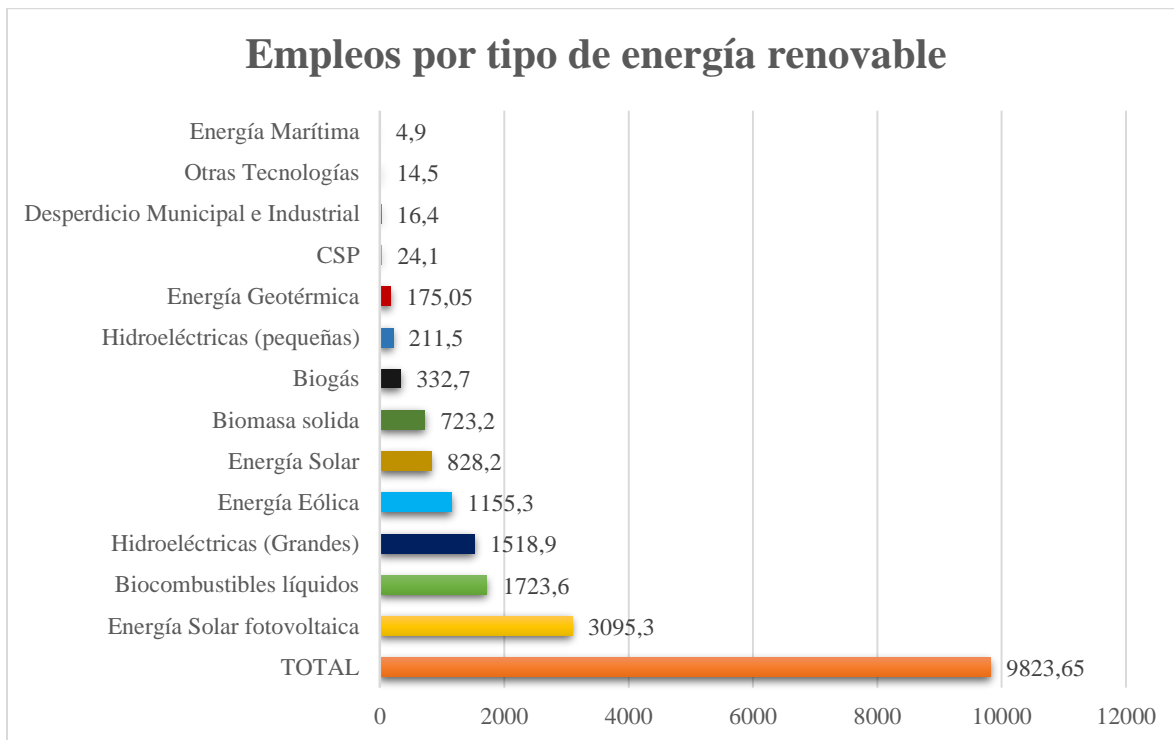
Fuente: IRENA 2017

Las inversiones que han tenido las energías renovables en especial la solar, han aumentado considerablemente, creciendo del 2004 al 2016 en un 915% como podemos ver en el gráfico número 5 mientras que las energías fósiles como el carbón y el petróleo han disminuido sus inversiones y actualmente su generación neta ha bajado del 32% y el 76% respectivamente en el periodo del 2005 al 2015 (Xataka, 2017). Esto nos muestra la importancia que están generando las energías renovables en la actualidad.

También en el gráfico podemos ver que del 2015 (año de gran importancia para las energías renovables) al 2016 las inversiones en energía solar cayeron a 113.7 billones de dólares cifra más baja en los últimos 6 años y 34% más baja el año anterior. Esta disminución se debió gracias a las caídas en los precios de los equipos y materiales para la instalación de plantas solares y también a

que hubo un marcado enfriamiento de dos de los países que más relevancia tienen en energías renovables China y Japón que disminuyeron sus inversiones en un 47% y 40% del 2015 al 2016 pero esto explicado por el director de Asia para Bloomberg New Energy Finance (BNEF) Justin Wu que dice que “después de años de inversión récord impulsado por algunas de las feed-in-tariff más generosas del mundo, China y Japón están reduciendo su inversión en la construcción de nuevos proyectos a gran escala y se dedican más a digerir la capacidad que ya han puesto en marcha”.

Gráfico 6. Generación de Empleos por Energías Renovables



Fuente: IRENA 2017

Además de tener un gran potencial económico, las energías renovables también aportan un desarrollo sostenible en la sociedad ya que contribuyen con un gran número de empleos. En el

2016 las energías renovables aportaron 9'823.700 empleos, un incremento del 1.1% respecto al 2015. (IRENA, 2017)

Los países que más contribuyeron a la creación de empleos fueron China, Brasil, India, Japón, Estados Unidos y Alemania, siendo China el líder en generación de empleos con cerca de 3.46 millones en el 2016 un aumento de aproximadamente 3.4% respecto al 2015.

Los costos decrecientes y nuevas políticas de apoyo hacia la energía solar fotovoltaica en todo el mundo, llevo a que esta fuera la que tuvo un mayor número de empleados en el 2016 y rompiera su récord con 3.1millon de empleos 12% más que el año anterior. China apporto más de la mitad de estos trabajos, consolidando como el mayor instalador y fabricante de paneles solares a nivel mundial, e India y Estados Unidos incrementaron sus empleados en un 17% y 24%. Por el contrario, por la desaceleración de las instalaciones en Japón y la Unión Europea estos disminuyeron en cerca de un 20% sus nuevos empleos. (IRENA, 2017)

6.3.4.3 Impacto ambiental de la energía solar fotovoltaica

La energía solar es una de la fuente de energía más limpia, renovable, y amigable con el medio ambiente y es uno de los principales métodos para reducir la contaminación causada por la quema de los combustibles fósiles. La energía solar no causa emisiones al ambiente o al agua y no produce ningún tipo de desperdicio tóxico mientras está en funcionamiento. Pero esto no significa que su impacto al medio ambiente sea nulo.

Mientras que los paneles solares no usan ningún tipo de combustible (más que el sol) y no contaminan durante su operación regular, si hay algunos riesgos que están asociados a los efectos sobre el suelo, la flora y fauna y un cierto grado de contaminación en la etapa de construcción y mantenimiento de los paneles solares.

Al final, si se hace un balance de las ventajas y desventajas de la solar fotovoltaica hacia el medio ambiente, podemos decir que, si bien la tecnología de esta fuente tiene sus desventajas, la gran cantidad de ventajas que se tienen con respecto a la generación de energía con combustibles fósiles hace que la energía solar fotovoltaica sea una gran tecnología y esté a favor del medio ambiente.

6.3.5 Energía Solar Fotovoltaica en Colombia

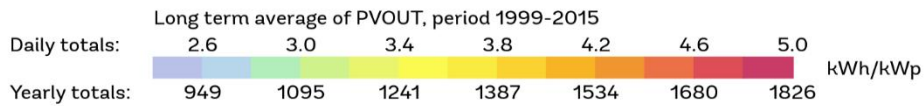
Colombia tiene un gran potencial en energía solar FV ya que al estar ubicada en la zona ecuatorial tiene una radiación constante por todo el año sin experimentar el fenómeno de las estaciones.

Hasta hace unos años Colombia había “ignorado” la opción de aprovechar su potencial en energías renovables, confiaba en sus hidroeléctricas, pero en la actualidad por situaciones como el susto energético que tuvo el país los embalses se encontraron en niveles históricamente bajos del 28%, y, el 67,8% de la electricidad del país es generada por plantas hidroeléctricas. Por eso actualmente el Estado colombiano ha venido incursionando poco a poco en otras fuentes de energía como lo es la fotovoltaica teniendo hoy por hoy cerca de 63.30 MW de capacidad instalada en esta energía. Estos MWs están principalmente instalados en aplicaciones rurales, torres de telecomunicaciones y señales de tránsito. Esta capacidad instalada representa unos 220 empleos que se han creado y se espera que para los próximos años esta cifra se triplique.

Figura 5. Potencial Fotovoltaico en Colombia

SOLAR RESOURCE MAP

PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL
COLOMBIA



This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

Fuente: Global Solar Atlas 2017

El país según la herramienta “Global Solar Atlas” nos muestra el potencial y la irradiación de todo el territorio nacional, que es de aproximadamente 4.5kWh/m²/d (cifra que ya la UPME tenía para su informe del año 2014) cifra superior al promedio mundial el cual está en 3.9kWh e igualmente superior a la irradiación promedio de Alemania (3,0kWh) uno de los países con mayor capacidad instalada en energía FV.

Según el mapa las regiones con mayor potencial en esta energía son, la Guajira, parte de la Costa Atlántica y sitios clave en el departamento de Santander, Arauca Meta, Vichada y Casanare. Estos sitios tienen una irradiación promedio entre 5kwh a 6.0kwh cifras comparables con algunos de los mejores lugares para la instalación de energía FV.

Los promedios calculados entre 1999 y 2015 del potencial en Solar FV anual en el país en las regiones con mayor y menor potencial son:

Tabla 5. Potencial Solar Fotovoltaico por Región en Colombia

Región	Potencial Solar FV (kWh/kWp)
La Guajira	1480-1800
Costa Atlántica	1420-1750
Andina	1350-1760
Costa Pacífica	980-1330
Orinoquia	1350-1580
Amazonia	1300-1500

Fuente: Elaboración Propia basada en Global Solar Atlas 2017

7 Análisis comparativo del caso de estudio

En el presente capítulo se realiza un análisis comparativo de un caso de estudio, en el cual se destacará su potencial energético al igual que sus políticas que incentiven al uso de energías renovables más específicamente la energía solar fotovoltaica.

Para la selección del caso de estudio para iniciar el análisis comparativo se tuvieron en cuenta 4 aspectos que nos ayudaran a tener un resultado más creíble y cercano a la situación de Colombia. Estos aspectos son Economía, Geografía, Política y Problemas energéticos parecidos al del país.

Economía: este aspecto busca casos en los que los países a considerar muestren un modelo económico y un desarrollo económico parecido al colombiano por lo que se buscaron países en desarrollo.

Geografía: este aspecto busca países que estén situados sobre o cerca de la línea ecuatorial para así encontrar naciones que tengan situaciones climáticas similares a la colombiana y que no sufran cambios climáticos por estaciones.

Política: busca principalmente países que estén desarrollando políticas orientadas hacia al medio ambiente y hacia el apoyo a las energías renovables como fuente alternativa para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.

Problemas energéticos: este aspecto busco necesariamente países con ZNI de difícil acceso, lejos de los principales centros urbanos y que sufran problemas energéticos.

Después del debido análisis de los países que cuenten con las características requeridas para la oportuna comparación con el caso colombiano, se ha determinado que el país que cumple con los

requerimientos establecidos anteriormente es Perú, para ello, se realiza individualmente el análisis de este país con respecto a los cuatro aspectos mencionados anteriormente.

7.1 Caso de estudio: Perú

7.1.1 Geografía

El Perú está entre la línea ecuatorial y el trópico de capricornio en la parte occidental de Suramérica. Este país limita con Brasil al este, Bolivia al sureste, Chile al sur, Ecuador al norte y Colombia al noreste. Tiene una superficie de 1'285,216 km² el tercero más grande de Suramérica y tiene el puesto 21 de los más extensos del mundo. Perú también está situado en la intersección de dos placas tectónicas telúricas, la placa continental suramericana y la Nasca. Esto hace al país altamente sísmico y por pertenecer a la Cintura de fuego del Pacífico este país también cuenta con regiones volcánicas a sur de su territorio. (PerúInfo, s.f)

Perú es un país que gracias a su geografía posee una gran diversidad de climas, paisajes y recursos naturales. El territorio peruano se divide principalmente en 3 grandes zonas según (PerúInfo, s.f):

Costa: 10% del país - 55% de la población

Sierra: 30% del país - 32% de la población

Selva: 60% del país - 13% de la población

Costa: La costa del Perú tiene una extensión de 2,414 km y tiene un clima desértico que es uno de los más áridos del mundo esto explicado por la presencia de la corriente de Humboldt proveniente de la Antártida que afecta igualmente a las costas chilenas y no permite la formación de nubes lluviosas sobre esta zona costera y por otro lado la presencia de la cordillera de los Andes no permite pasar nubes provenientes de la Amazonia. Por esto casi nunca llueve en esta zona y la precipitación anual es de 7mm por año.

Sierra: Esta zona montañosa la domina la Cordillera de los Andes la cual es la cadena montañosa más larga del mundo con 7,500 km de extensión. Dentro del territorio peruano esta cordillera tiene 3 ambientes diferentes. Los andes del norte que son más bajos y húmedos, los andes del centro que son más altos y fríos y es aquí donde se encuentra ubicado el nevado del Huascarán, en punto más alto del Perú con 6,768 metros sobre el nivel del mar, y por último los andes del sur una enorme mesera de 4,000 msnm de 100km².

Selva: Esta es la zona más extensa del territorio nacional, pero a la vez es la zona menos poblada del país. Esta es una de las zonas de mayor biodiversidad y endemismo en el mundo y se divide en dos; selva alta la cual se caracteriza por sus bosques nubosos y clima fresco y la selva baja que se caracteriza por un clima más caluroso y húmedo. El Clima de esta zona presenta temperaturas promedio entre 28° y 35° Celsius.

Perú según el Instituto Panamericano de Geografía e Historia se divide en 8 regiones: Chala entre 0 y 500 msnm en las costas, Yunga entre 500 y 2,500 msnm, en la ladera occidental de los andes, Quechua entre 2,500 y 3,500 msnm en las 2 laderas de la cordillera, Suni entre 3,500 y 4,100 msnm, Puna entre 4,100 y 4,800 msnm, Janca sobre los 4,800 msnm de altitud sobre la cordillera, Rupa Rupa entre 500 y 1,500 msnm en el límite de los Andes con la Amazonia y Omagua la zona plana de la amazonia debajo de los 500 m de altitud.

7.1.2 Economía

En los últimos 15 años la economía peruana ha sido una de las de mayor crecimiento económico en América Latina registrando cifras de crecimiento promedio del 6% muy superior a la media regional del 3%. Su PIB al 2017 fue de 424.6 billones de dólares y un PIB per cápita de 13.300. (CIA, 2017)

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) la tasa de pobreza ha tenido una importante disminución pasando del 58.7% en el 2004 a un 20.7% en el 2016. Igualmente, según cifras del INEI el coeficiente Gini en el Perú disminuyó en 0.06 puntos porcentuales entre el periodo 2007 – 2016. (INEI, 2017)

7.1.3 Políticas energéticas de Perú

Con el fin de mejorar el sistema energético en Perú y de impulsar las energías renovables para el año 2008 el Ministerio de Energía y Minas impulsa la Política Energética Peruana y Energías Renovables, por medio de la cual se plantea unos objetivos a cumplir (Ministerio de Energía y Minas, 2008):

- Diversificar la matriz energética para asegurar el abastecimiento confiable y oportuno de la demanda de energía, fortaleciendo la competitividad de la economía en un mundo globalizado, a fin de garantizar el desarrollo sostenible del país.
- Promover la inversión privada del sector energético con reglas claras y estables.
- Fomentar y ejecutar las obras de energización en las zonas rurales y aisladas del país para ampliar la cobertura de la demanda, crear oportunidades para más peruanos y mejorar la calidad de vida de la población.
- Fomentar el uso eficiente de la energía y la adaptación al cambio climático.
- Promover la integración energética regional.

La anterior política responde igualmente al llamado mundial para controlar la emisión de gases que da pie al calentamiento global y la contaminación del medio ambiente, según el (Ministerio de Energía y Minas, 2008):

- Un estudio en EE. UU revela que cada grado de calentamiento dará lugar a unas 21 mil muertes en todo el mundo
- Anualmente 3 millones de personas mueren de enfermedades causadas por aire contaminado. Esto es el 5% de todas las muertes del mundo por año.
- Más de un millón de niños de 5 años que viven en Lima sufren afecciones respiratorias.

De igual forma, en Perú se han generado una serie de leyes que incentivan el uso y la práctica de energías renovables al igual que regular el uso energético del país buscando un beneficio común incluso en las zonas que no están conectadas al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

Tabla 6. Legislación para la Energía Limpia de Perú

Legislación	Descripción	Fecha
Ley N°28546	Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables No Convencionales	Junio del 2005
DS N°050- 2008-EM	Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables	Mayo 2008
DL N°1002	Ley de Promoción Inversión Generación de Electricidad Uso de Energías Renovables	Mayo 2008
DL N°1058	Promueve la Inversión en Generación Eléctrica con Recursos Hídricos y otros Recursos Renovables	Junio 2008
D.S. 021- 2007-EM	Reglamento de comercialización de biocombustibles líquidos	2007
Ley 28054	Ley de promoción del mercado de biocombustibles	2003

Fuente: (Pereyra, 2011)

7.1.4 Problemas energéticos de Perú

En Perú al igual que otros países del mundo se sufre la problemática energética para algunas zonas principalmente rurales a las cuales es difícil la implementación de la energía que provee al resto

del territorio. Sin embargo, es esta energía necesaria para la realización de labores cotidianas que brindan una mejor calidad de vida a las personas pertenecientes de estas zonas. Incluso, en las zonas rurales que carecen de energía eléctrica en Perú es común la utilización de biomasa como leña, bosta y yareta para la preparación de sus alimentos, de igual manera, el uso de derivados del petróleo en la producción agraria (Coello, S.f).

No obstante, “la electrificación rural empezó a tomar impulso en 1993, con la creación de la Dirección Ejecutiva de Proyectos (DEP) del Ministerio de Energía y Minas (MEM), órgano con autonomía técnica, administrativa y financiera, que reportaba directamente al Despacho Ministerial. En el 2007 la DEP se fusionó con el Proyecto de Mejoramiento de la Electrificación Rural mediante la aplicación de Fondos Concursables (FONER) apoyados por el Banco Mundial, y así se creó la Dirección General de Electrificación Rural (DGER), dependiente del Despacho del Viceministro de Energía, y se ordenó la estructura organizativa del MEM. A inicios del 2010, el MEM lanzó un nuevo programa de electrificación denominado, igual que su similar brasileño, Luz para Todos, con la meta de alcanzar un coeficiente de electrificación nacional del 92% en el 2011” (Coello, S.f).

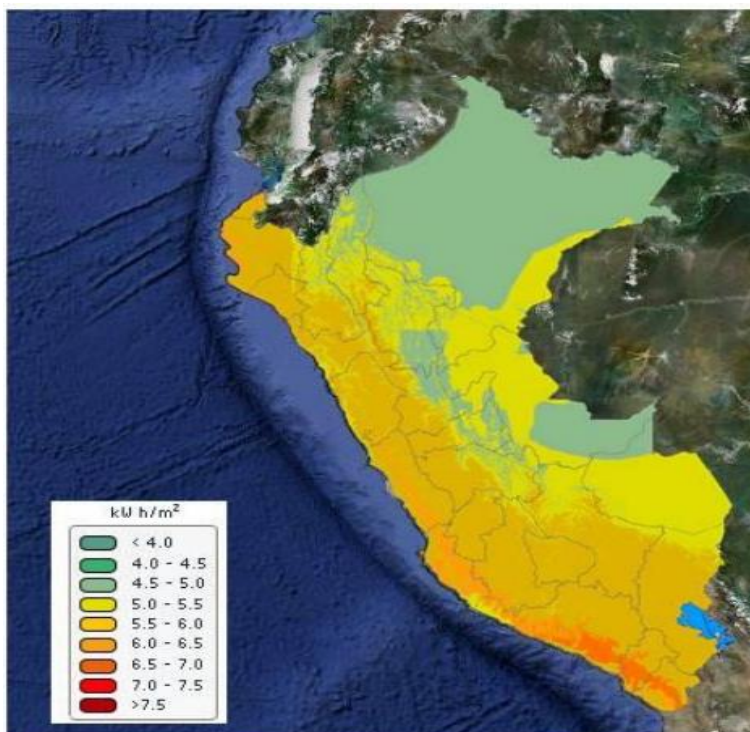
Este proceso por el cual ha atravesado Perú ha dejado importantes beneficios en relación a la electrificación nacional y rural, pasando de un coeficiente de electrificación nacional de 54,9% en el año 1993 a un 90,3% en el año 2013 y un coeficiente de electrificación rural de un 7,7% en el 1993 a un 70,2% para el 2013 (DGER, 2014).

7.1.5 Energía solar de Perú

Al igual que Colombia, Perú cuenta con unos índices de radiación que son favorables para la implementación de la energía solar fotovoltaica como se puede observar en la Figura 6 y con base

en eso se han llevado a cabo distintos proyectos en los cuales se instalan sistemas fotovoltaicos ya sea domiciliario o comunal como se observa en la Cuadro 3.

Figura 6. Radiación Solar de Perú 2014



Fuente: DGER, 2014

Tabla 7. Programas y Proyectos de Energía Solar Fotovoltaica en Perú 1996 – 2014.

No	Nombre del Programa / Proyecto	Departamentos	SFD (Unidad)	SFC (Unidad)	Año de Instalación
1	Proyecto PER/96/028 – Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios	Nacional	1523		1996-2002
2	Proyecto PER/98/G31 - Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios	Cajamarca, Loreto, Pásco y Ucayali	4200		2007
3	Proyecto PER/98/G31 - Sistema Fotovoltaico Productivo	Puno		1	2006
4	Programa Núcleos Ejecutores – Sistemas Fotovoltaicos Comunales	Amazonas		28	2011
5	Proyecto PER/98/G31 – Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico	Cajamarca	20		2006

No	Nombre del Programa / Proyecto	Departamentos	SFD (Unidad)	SFC (Unidad)	Año de Instalación
6	Programa EURO-SOLAR	Nacional		130	2011
7	Proyectos Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios - DPR	7 departamentos	7790		2013
8	Proyectos Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios – FONER I	5 departamentos	7163		2012
9	Proyectos Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios – FONER II	4 departamentos	3297		2014
TOTAL			23993	159	

Fuente: DGER, 2014

A partir del análisis realizado se ha determinado que Perú cuenta con condiciones muy similares a Colombia en cuanto a su problemática energética al igual que a su potencial solar a lo largo de su territorio para la instalación de energía solar fotovoltaica que pueda suplir las necesidades de sus habitantes. Igualmente, se encontró que en Perú se han realizado algunos proyectos que intentan beneficiar a la parte de la población que no cuenta con energía eléctrica intentando unirlos al sistema interconectado del país, sin embargo, al existir territorios con difícil acceso para su conexión al sistema integrado de Perú, se decidió como alternativa para su energización instalar sistemas fotovoltaicos que puedan generar la energía eléctrica necesaria.

7.1.6 Proyecto P090116 Electrificación Rural en Perú

El objetivo general de este proyecto es mejorar el sistema eléctrico del país en las zonas rurales de difícil acceso con servicios eficientes y sostenibles. Igualmente se quiere con este proyecto disminuir los gases de efecto invernadero que normalmente las energías fósiles provocan, para esto se empleó e incentivo en el proyecto el uso de energías renovables. El proyecto conto con 5 componentes principales según el Banco Mundial, (2012) que son:

1. Inversión en subproyectos de electrificación rural: Este componente busca el apoyo de empresas privadas como estatales para suministrar nuevas conexiones eléctricas a hogares centro públicos y empresas que estén situadas en zonas rurales y tengo problemas de falta de energía, esto se realizara de dos maneras, para las poblaciones más cercanas a las zonas urbanas se intentara conectarla al sistema nacional y para la zonas rurales de difícil acceso se utilizara la ayuda de las energías renovables.
2. Asistencia técnica: este componente pretende apresurar la colaboración del sector privado y crear capacidad para un enfoque de la electrificación rural basado en la demanda, así como el incentivo en energías renovables.
3. Programa motivador para incentivar el uso productivo de la electricidad.
4. Prestación de servicios por parte de pequeñas hidroeléctricas para facilitar las etapas de construcción y operación inicial de centrales con conexión a la red.
5. Gestión del proyecto

7.1.6.1 Desafío

El desafío es ayudar a zonas que sufren una falta de acceso a la electricidad y que por esto su calidad de vida disminuye ya que en estas zonas la atención medica es ineficiente ya que al no tener energía las 24 horas del día algunas medicinas se dañan afectando significativamente la salud de las comunidades. Igualmente, los estándares de calidad educativa son muy regulares ya que no pueden tener todas las herramientas necesarias para garantizar una educación de buena calidad. Reconociendo esto y muchos otros problemas el gobierno peruano ha hecho de la electrificación rural una de sus prioridades principales. (Banco Mundial, 2014).

7.1.6.2 Soluciones

Las siguientes soluciones expuestas están basadas en lo emitido por el Banco Mundial (2014) en el cual explica que:

El Proyecto de Electrificación Rural del Perú apoyó la provisión del servicio de electrificación rural sostenible y eficiente al asegurar que las compañías de distribución de electricidad prepararan, ejecutaran y operaran sub-proyectos de electrificación rural como parte de sus operaciones comerciales regulares. Este modelo estimula la eficiencia y sostenibilidad al trabajar a través de las compañías de distribución eléctrica existentes. (Banco Mundial, 2014).

Por primera vez, las alternativas de energía renovable estuvieron totalmente integradas en los servicios de electricidad rural. La entidad regulatoria, el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), estableció una tarifa regulada para los servicios de electricidad para los sistemas solares fotovoltaicos (PV por sus siglas en inglés) y garantizó que los clientes de PV fueran elegibles para el subsidio cruzado de electricidad existente. (Banco Mundial, 2014).

Para promocionar los usos productivos de la electricidad, el proyecto utilizó un enfoque de desarrollo de negocios de servicios. Se enfocó en la divulgación para los pequeños negocios a través de organizaciones no-gubernamentales (ONGs) y desarrolló una estrategia de mercadeo para el proveedor de la electricidad, la cual abordó la falta de información, las barreras tarifarias y la calidad del servicio. (Banco Mundial, 2014).

7.1.6.3 *Financiamiento del proyecto*

El Banco Mundial financió el proyecto con un préstamo de US\$50 millones y con una subvención del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) de US\$10 millones aprobado en marzo de 2006 para abarcar inversiones, proyectos piloto y asistencia técnica.

El Banco y el GEF apoyaron al Ministerio de Energía y Minas y a su Unidad de Coordinación en el diseño e implementación del proyecto. Durante la implementación, el Banco y las compañías de distribución construyeron una fuerte asociación. Nueve compañías de distribución en 16 regiones participaron en la cofinanciación del proyecto, movilizándolo un promedio de 25 por ciento de co-inversión por un total de US\$29 millones excediendo la meta de US\$23 millones. (Banco Mundial, 2012).

Gracias al éxito de este proyecto el gobierno peruano solicitó al Banco Mundial un nuevo préstamo por US\$50 millones para poder seguir energizando las poblaciones vulnerables que se encuentran situadas en zonas de difícil acceso y gracias a que el Primer Proyecto de Electrificación rural estableció una trayectoria positiva y hubo una creciente demanda por los sistemas solares domésticos para viviendas el Banco en el 2011 aprobó el préstamo para así ese mismo año empezar una nueva operación (Banco Mundial, 2012).

7.1.7 *Proyecto P117864 Segundo Proyecto de Electrificación Rural en Perú*

Este proyecto nace a partir de los logros obtenidos en el Primer Proyecto de Electrificación Rural y toma como objetivo principal el seguir incrementando el acceso al servicio eléctrico en áreas rurales de una manera eficiente y sostenible. Esto por medio de infraestructura que conecta la zona rural al sistema eléctrico del país y para las zonas de difícil acceso se implantarán sistemas solares

fotovoltaicos. A si mismo las empresas de distribución seguirán tomando un papel importante en la ejecución de subproyectos de electrificación rural.

Este proyecto se dividirá en tres componentes que harán efectivo su desarrollo: El primero se encargara de las inversiones en subproyectos de electrificación rural, el segundo abarca todo lo relacionado con la asistencia técnica para la electrificación rural y el tercero y último se encargó de cubrir las necesidades en la gestión del proyecto. (Banco Mundial, 2011).

7.1.7.1 Primer Componente: Subproyectos de Electrificación Rural

Este componente se encargará de dar subsidios y promover las inversiones de subproyectos de electrificación rural basándose en los lineamientos y actividades hechas en el Primer Proyecto de Electrificación Rural. Este componente fue financiado por el Banco Mundial, empresas de distribución energética, contribuciones de gobiernos locales regional y nacional. (Banco Mundial, 2011).

Estos subproyectos de dividirán en dos: proyectos de infraestructura para conectar zonas rurales al sistema interconectado y proyectos de suministro energético a zonas rurales de difícil acceso a partir de sistemas solares fotovoltaicos individuales para uso doméstico. Estos sistemas se instalarán sobre un poste o el techo de una vivienda proporcionando la energía necesaria para abastecer algunas luces, y otros aparatos electrónicos de bajo consumo. (Banco Mundial, 2011).

7.1.7.2 Segundo Componente: Asistencia técnica para la electrificación rural

Este componente se responsabilizó de incentivar el uso productivo de la energía, evaluar el rendimiento de las energías renovables, adecuar las necesidades técnicas para los participantes del proyecto, optimizar el ambiente normativo y medir el impacto de la intervención que se realizaron. (Banco Mundial, 2011).

7.1.7.3 Tercer Componente: Gestión del proyecto

Este componente se encargó de crear a la unidad de trabajo del proyecto que se dividiría de la siguiente forma: una unidad que se encargó de todo lo relacionado con los subproyectos de inversión y gestión de la asistencia técnica, otra unidad administro el personal para la sección de gestión financiera y de adquisiciones y una tercera unidad que dio seguimiento continuo al proyecto para ver el rendimiento a lo largo de su ejecución. (Banco Mundial, 2011).

7.1.7.4 Financiamiento del proyecto

Para la realización de este proyecto fue necesario el apoyo económico del BIRF, el cual aportó según el Banco Mundial (2011) la suma de US\$50 millones. De igual manera “no se contempló la necesidad de financiamiento adicional debido a que el desarrollo de este se fijó en cuatro años (2011-2015). El préstamo realizado fue de margen variable con un vencimiento en 18 años y con un periodo de gracia de 17,5 años. El proyecto estimo 5 desembolsos que se harán efectivos anualmente empezando en el 2012 con dos millones US\$, 2013 siete millones, 2014 trece millones, 2015 dieciséis millones y por último 12 millones de dólares para un total de cincuenta millones de dólares. Además, el Gobierno del Perú aportara cerca de diez millones de dólares y las empresas proveedoras de energía también darán un aporte de veintidós millones para completar el financiamiento total del proyecto que fue de 82,705 millones de dólares como se puede ver en la siguiente tabla”. (Banco Mundial, 2011).

Tabla 8. Financiamiento del Proyecto P117864 Segundo Proyecto de Electrificación Rural en Perú

	Gobierno de Perú	BIRF	Empresas proveedoras de energía eléctrica	Total
Componente 1: Subproyectos de electrificación rural	2,825	48,375	10,400	61,600
Componente 2: AT para electrificación rural	2,909	1,500	0,000	4,409
Componente 3: Gestión del proyecto	3,561	0,125	0,000	3,686
<u>Costo total del proyecto</u>	9,295	50,000	10,400	69,695
Pago inicial	0,125			0,125
IVA	1,181	0,000	11,704	12,885
<u>Financiamiento total requerido</u>	10,601	50,000	22,104	82,705

Fuente: Banco Mundial, 2011

7.1.7.5 Resultados y análisis de los proyectos

Según el Banco Mundial (2014), “cuando el Proyecto de Electrificación Rural comenzó a mediados del 2006, más de seis millones de personas en las áreas rurales predominantemente pobres del Perú no tenían acceso a la electricidad. Con una cobertura de 30 por ciento, ésta fue una de las tarifas por electrificación rural más bajas en Latinoamérica.” De igual manera el Banco Mundial (2014) publicó los resultados finales de dicho proyecto lo cual demostró que:

- Más de 105,000 usuarios domésticos y pequeñas empresas que representan aproximadamente a 450,000 personas beneficiadas al recibir una nueva conexión a la electricidad.
- Los colegios, hospitales y centros comunitarios se beneficiaron de un total de 2,900 conexiones nuevas de electricidad.

- El programa supervisó la instalación de 7,100 sistemas de energía solar para viviendas y usuarios domésticos (SHS por sus siglas en inglés) (aproximadamente 31,500 personas) en áreas rurales remotas.
- Nueve compañías de distribución en 16 regiones participaron en el cofinanciamiento del proyecto.
- Se estableció una tarifa nacional por servicio regulado con sistema de usuarios domésticos independientes de la red (PV).
- Más de 21,000 productores rurales incluyendo a mujeres constituyeron más de un tercio de los beneficiarios quienes fueron capaces de adoptar equipos eléctricos, lo cual incrementó su productividad e ingresos.

Los proyectos de electrificación rural traen grandes beneficios a la comunidad a la cual van dirigidos dichos proyectos, mejorando su calidad de vida de sus habitantes tanto en lo social como en lo económico, incluso en lo ambiental. De hecho, según el Banco Mundial con respecto al proyecto de energización rural en el Perú, estima que éste beneficie a las comunidades rurales más vulnerables del territorio nacional por medio del suministro de energía eléctrica en los hogares y pequeñas empresas. Con base en lo anterior, el Banco Mundial espera que al llevar a cabo este proyecto de electrificación rural surjan los siguientes efectos: Banco Mundial, (2012)

- i) mejoraría la calidad de la iluminación y las condiciones de vida y de trabajo.
- ii) aumentaría el ingreso disponible de los hogares, ya que el costo de la electricidad sería menor que el de las alternativas (queroseno, velas, baterías de auto y pilas secas).
- iii) ofrecería más oportunidades para dedicarse a actividades generadoras de ingreso.

- iv) permitiría horarios de trabajo más flexibles y jornadas laborales más extensas por la tarde.
- v) mejoraría el acceso a las noticias, la información y actividades de esparcimiento.
- vi) permitiría que los niños estudien y los adultos lean al anochecer.
- vii) mejoraría la seguridad pública mediante el alumbrado público.
- viii) reduciría la contaminación del aire en ambientes cerrados, producto del uso de velas y queroseno.

Si bien toda la familia se beneficia con el servicio de energía eléctrica, son las mujeres y las niñas, en particular, las que más beneficios reciben mediante la mejora de la iluminación en el hogar. La disponibilidad de electricidad también mejora las condiciones de trabajo y aumenta la posibilidad de realizar actividades durante el anochecer; ofrece más acceso a conocimientos a través de los medios; y aumenta la seguridad en la calle a partir del alumbrado público. Las mujeres también suelen tener un papel activo en actividades generadoras de ingreso factibles de beneficiarse a partir de la utilización de la energía eléctrica, como la elaboración de productos artesanales, la producción de alimentos horneados y el procesamiento de productos lácteos. Por ejemplo, en el primer contrato celebrado en Cuzco en el contexto del componente de promoción de usos productivos del primer proyecto, las mujeres representaban el 40% de los beneficiarios que adoptan el equipamiento eléctrico. A través del proyecto se hará un seguimiento específico de la cantidad de beneficiarias en la actividad de promoción de los usos productivos. Banco Mundial (2012)

Finalmente, a raíz del estudio realizado se puede determinar que Perú es un país que le está apostando a la electrificación rural sostenible en los últimos años incentivando de alguna manera energías alternativas que puedan mitigar el impacto ambiental al igual que beneficiar socio

económicamente a las comunidades rurales más afectadas por la escases eléctrica y los problemas que esto conlleva. Por otro lado, Colombia, aunque también ha intentado electrificar la mayor parte de su territorio incluyendo las ZNI, en estas se ha implementado en gran medida el uso de tecnologías a base de diésel, ignorando el alto potencial solar con el que cuenta para implementar la energía solar fotovoltaica. Al enfocarse a la utilización de diésel como fuente de energía, se generan altos costos, gases que contaminan el medio ambiente y afecta a la vez la salud de las poblaciones que cuentan con ella. Además, debido a su elevado costo, algunas poblaciones solo pueden tener acceso a la electricidad por cortos periodos de tiempo lo cual implica que afecte el desarrollo sostenible de las ZNI.

8 Resultados

Con base en el presente trabajo y después de llevar a cabo la metodología mencionada anteriormente, se observa que:

- Colombia cuenta con un alto potencial solar para la implementación de la energía solar fotovoltaica en sus zonas no interconectadas.
- El uso de energías alternativas como la solar fotovoltaica puede llegar a ser una solución para la problemática que caracteriza las zonas no interconectadas, esto basado en los resultados obtenidos del caso de estudio comparativo realizado con el país de Perú.
- Igualmente, también se observa que Colombia se encuentra en un proceso en el cual intenta incentivar el uso de las energías renovables por medio de políticas que apoyan el uso de las mismas.
- En Perú hubo una reducción de la pobreza de más del 50% entre el 2007 y 2016 según MEF principalmente en las zonas rurales del país.
- Con base en el análisis realizado, se pudo determinar que la energía solar fotovoltaica puede ser una alternativa para mejorar el desarrollo sostenible de las zonas no interconectadas de Colombia, mitigando algunas problemáticas que caracterizan a dichas zonas.

9 Conclusiones

Como bien se sabe, desde un tiempo atrás los gobiernos de todo el mundo han venido buscando la manera de mitigar la contaminación ambiental que se ha generado a través de la emisión de gases bien sea por medio de las industrias, combustión de vehículos, entre otros. Esta preocupación responde básicamente a la necesidad de un mundo apto para la subsistencia de los seres vivos. A raíz de esto, a través de reuniones de los altos mandos del mundo, se han venido incentivando políticas a nivel mundial que busquen cumplir con la reducción de la emisión de gases, es decir, políticas encaminadas a la preservación del medio ambiente.

Del mismo modo, existe una gran cantidad de problemáticas que se viven a lo largo del mundo y que por medio de políticas se intentan mejorar. Estas problemáticas en gran medida están enfocadas en la parte de la población más vulnerable, como lo es la pobreza, la educación, la salud, el acceso a servicios públicos básicos como el agua potable, la energía eléctrica, entre otros.

Sin embargo, Colombia no es ajena a estas realidades y es debido a eso que este trabajo ha sido enfocado en una parte de la población colombiana que no se encuentra en condiciones óptimas para sobrevivir. Dicha parte de la población son las ZNI, es decir aquellos hogares que no se encuentran interconectados a la red eléctrica nacional.

Si bien muchos de los municipios que se encuentran en ZNI se debe a que es prácticamente imposible el poder llevar la red eléctrica nacional hasta ellos a razón de sus difíciles condiciones geográficas, también es cierto que es necesario buscar alternativas para la generación de energía eléctrica en tales territorios, básicamente porque ésta influye directamente en la calidad de vida de sus habitantes.

Aunque claramente es necesaria la energía para la mejoría en la calidad de vida de las personas, también es importante que ésta sea constante, segura y confiable, es decir, las ZNI no interconectadas generan energía en la mayoría de los casos por medio de tecnología a base de Diesel, sin embargo, este resulta ser altamente contaminante a la vez que genera un alto costo, lo cual hace que no la puedan adquirir constantemente.

Con respecto a lo dicho anteriormente, a lo largo de este documento se ha expuesto la posibilidad del uso de la energía solar fotovoltaica como alternativa para mejorar las condiciones de vida de las personas que no cuentan con energía eléctrica o que ésta no es constante, es decir, la tienen por un cierto número de horas al día.

Como se ha demostrado a través de este escrito, las ZNI son zonas con características en común, sin embargo, estas características están encaminadas a la pobreza, a la baja calidad de la educación, a las malas condiciones de salud, entre otras problemáticas que radican, de alguna manera, de la falta de energía eléctrica. Es por ello, que estas regiones no cuentan con un desarrollo económico importante y sus fuentes de economía están encaminadas principalmente hacia el sector primario o incluso en algunos casos hacia mercados ilegales como la producción de cocaína.

Por otro lado, se tomó el caso de estudio del Perú que es un país que cuenta con características similares a Colombia y se logró demostrar que por medio de políticas y de inversión en proyectos que incentiven el uso de la energía solar fotovoltaica y la inclusión de las zonas rurales, podía beneficiar el desarrollo sostenible no solamente de las regiones involucradas sino también del país en general.

Finalmente, se espera que este trabajo logre abrir la puerta a la realización de más proyectos de este tipo, al igual que concientizar de la importancia de tener en cuenta a las ZNI del país para

buscar soluciones que puedan mejorar de algún modo su calidad de vida. De igual manera, es importante resaltar el uso de las energías renovables como alternativa para un planeta con un menor impacto ambiental y que sea apto para las futuras generaciones.

Referencias

Abella, M. A. (s.f.). Energía Solar Fotovoltaica. Recuperado de [http://api.eoi.es:
http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45337/componente45335.pdf](http://api.eoi.es:8080/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45337/componente45335.pdf)

Agencia de Noticias UN. (2016). La U.N. revisa proyectos de energía limpia para zonas no interconectadas. Medellín, Colombia. Recuperado de <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/articulo/la-un-revisa-proyectos-de-energia-limpia-para-zonas-no-interconectadas.html>

AIF. (s.f). Servicios de energía para reducir la pobreza y promover el crecimiento. Recuperado de <http://siteresources.worldbank.org/EXTIDASPANISH/Resources/IDA-Energy-ES.pdf>

Banco de la República de Colombia. (s.f). ¿Qué es producto interno bruto? Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/es/contenidos/page/qu-producto-interno-bruto-pib>

Banco Mundial, (2011). Documento De Evaluación Inicial De Proyecto De Un Crédito Propuesto Por La Suma De Us\$50 Millones Para La República De Perú Para El Segundo Proyecto De Electrificación Rural. Informe n.º: 60154-PE

Banco Mundial (2012). Perú/Banco Mundial: 140.000 Habitantes De Zonas Rurales Dispersas Y Vulnerables Tendrán Electricidad. Recuperado de <http://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2011/04/21/peruworld-bank-140000-people-in-scattered-and-vulnerable-rural-areas-to-access-electricity>

Banco Mundial (2014). Electricidad para las Comunidades Rurales en el Perú. Recuperado de <http://www.bancomundial.org/es/results/2014/09/24/peru-brings-electricity-to-rural-communities>

Bermejo, R. (2014). El Desarrollo Sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis. Recuperado de <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0686956.pdf>

Bustos, Sepulveda y Triviño. (marzo de 2014). Zonas no interconectadas eléctricamente en Colombia: problemas y perspectiva. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.fcenew.unal.edu.co/publicaciones/images/documentos-econografos-economia-65.pdf>

Cámara de Comercio San José. (2017). Situación económica del departamento de Guaviare. Recuperado de <http://camarasanjose.org.co/archivos/image/files/SITUACIÓN%20ECONÓMICA%20DEL%20DEPARTAMENTO%20DE%20GUAVIARE.pdf>

Castillo, Flórez y Tobón. (Enero–junio de 2009). ¿Ha sido efectiva la promoción de soluciones energéticas en las zonas no interconectadas (ZNI) en Colombia?: un análisis de la estructura institucional. Bogotá, Colombia. Cuadernos de Administración, (22), p. 228. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/205/20511730011.pdf>

CIA. (2017). The World Factbook, South America: Perú. Recuperado de <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/pe.html>

Comisión de Regulación de Energía y Gas [CREG]. (s.f). Zonas no interconectadas. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.creg.gov.co/index.php/sectores/energia/zni-energia>

Consejo Privado de Competitividad. (2017). Educación superior y capacitación. Recuperado de <https://idc.compitem.com.co/pilar/1-EDS>

Consejo Privado de Competitividad. (2017). Educación básica y media. <https://idc.compitem.com.co/pilar/4-EDU>

Consejo Privado de Competitividad. (2017). Salud. <https://idc.compitem.com.co/pilar/5-SAL>

Conte Grand, M., & D'Elia, V. (2018). Desarrollo sostenible y conceptos “verdes”. *Problemas del Desarrollo*, 192(49).

De Vicenzi y Tudezco. (2009, 25 de junio). La educación como proceso de mejoramiento de la calidad de vida de los individuos y de la comunidad. Argentina. *Revista Iberoamericana de Educación*, (49/7), p. 2.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (s.f). Necesidades Básicas. Recuperado de http://dane.gov.co/files/censos/resultados/prest_NBI_100708.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2011). Necesidades Básicas Insatisfechas - NBI, por total, cabecera y resto según departamento y nacional. Resultados Censo General 2005. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi>

Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (s.f). Bases del plan nacional de desarrollo 2014 – 2018. Recuperado de <https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/Plan%20de%20Acción/PLAN%20NACIONAL%20DE%20DESARROLLO%202014%20-%202018%20TODOS%20POR%20UN%20NUEVO%20PAIS.pdf>

Fundación Corona y de la Red de Ciudades Cómo Vamos. (2016). DOCUMENTO LÍNEA DE BASE OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE ODS. Recuperado de http://www.fundacioncorona.org.co/#/como_trabajamos/clasificacion_de_iniciativas/iniciativa/ODS

Fundación Encuentro. (1992). Conferencia de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo. Obtenido de www.fund-encuentro.org: http://www.fund-encuentro.org/fundacion_php/cuadernos/serviciodocs/140%201992-

OCT%20Conferencia%20de%20Rio%20sobre%20el%20Medio%20Ambiente%20y%20el%20Desarrollo.pdf

Gallopín, G. (Mayo de 2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico
Recuperado de
http://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregado/Desarrollo%20Sostenible%20Gallop%EDn.pdf

Global Solar Atlas. (2016). <http://globalsolaratlas.info>. Recuperado el 2018, de
<http://globalsolaratlas.info/about>

Hidalgo y Sergiani. (s.f). 10 factores que condicionan tu calidad de vida. Recuperado de
<http://www.desarrollandotucalidaddevida.com/wp-content/uploads/10-Factores-que-Condicionan-Tu-Calidad-de-Vida1.pdf>

INEI. (10 de Mayo de 2017). www.inei.gov.pe. Obtenido de www.inei.gov.pe:
<https://www.inei.gov.pe/prensa/noticias/en-el-peru-264-mil-personas-dejaron-de-ser-pobres-entre-los-anos-2015-y-2016-9710/>

Informe de Coyuntura Económica Regional [ICER]. (octubre de 2016). Informe de coyuntura económica regional: departamento Chocó. Recuperado de
https://www.dane.gov.co/files/icer/2015/ICER_Choco2015.pdf

Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas [IPSE]. (2012). Energía social para la prosperidad: Electrificación escuelas rurales. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-300444_archivo_pdf_ipse.pdf

Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas

[IPSE]. (2014). Soluciones energéticas para las zonas no interconectadas en Colombia.

Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/742159/09C-SolucionesEnergeticasZNI-IPSE.pdf/2871b35d-eaf7-4787-b778-ee73b18dbc0e>

IRENA. (sf). Solar Energy. Recuperado de <http://www.irena.org>.

IRENA. (2016). Renewable Energy Employment. recuperado de <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=7&subTopic=10>

IRENA. (2017). Renewable Energy and Jobs Annual Review 2017. Recuperado de <http://www.irena.org>. Obtenido de <http://www.irena.org>: http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2017.pdf

Merino, L. (2007). www.fenercom.com. Recuperado el 20 de enero de 2018, de www.fenercom.com: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/cuadernos-energias-renovables-para-todos.pdf>

Ministerio de Salud. (2007). Encuesta nacional de salud 2007: departamento Chocó. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/salud/Documents/Chocó.pdf>

Naciones Unidas. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Naciones Unidas.

Naciones Unidas. (2000). Declaracion de rio sobre el medio ambiente y el desarrollo. Naciones Unidas.

Naciones Unidas. (octubre de 2011). www.un.org. Recuperado el 20 de enero de 2018, de http://www.un.org/es/sustainablefuture/pdf/spanish_riomas20.pdf

Naciones Unidas. (19 de junio de 2012). Rio20.un.org. Obtenido de https://rio20.un.org/sites/rio20.un.org/files/a-conf.216-1-1_spanish.pdf.pdf

Naredo, J. M. (1996). Sobre el origen, el uso y el contenido del termino sostenible. Madrid. Recuperado de <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>

OCDE. (2011). www.oecd.org. Obtenido de www.oecd.org: <https://www.oecd.org/greengrowth/49709364.pdf>

Palomba. R. (2002, 24 de julio). Calidad de vida: conceptos y medidas. Santiago, Chile. Recuperado de https://www.cepal.org/celade/agenda/2/10592/envejecimientorp1_ppt.pdf

Pereyra, R. T. (Octubre de 2011). <http://www.osinerg.gob.pe>. Obtenido de <http://www.osinerg.gob.pe>: <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/SeminarioIntEFERP/Miercoles%205.10.2011/3.%20Potencial%20de%20Energias%20Renovables%20DGE-%20Roberto%20Tamayo.pdf>

Perez. G. (2005). Dimensión espacial de la pobreza en Colombia. Cartagena, Colombia. Centro de Estudios Económicos Regionales, (54), p. 7. Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-54.pdf>

PerúInfo, (s.f). Geografía del Perú. Recuperado de <http://www.peruinformation.org/geografia>

PNUMA. (Viernes de Diciembre de 2011). <http://www.pnuma.org>. Obtenido de <http://www.pnuma.org/forodeministros/18-ecuador/Reunion%20Expertos/Informe%20Economia%20Verde/ESPANOL%20Economia%20Verde%2016%20DEC%202011.pdf>

UNESCO. (2012). unesdoc.unesco.org. (I. C. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ed.) Recuperado el 2017, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002167/216756s.pdf>

World Commission on Environment and Development . (1987). Nuestro futuro Comun. Naciones Unidas. Recuperado de <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

Xataca, (2017). Los 11 gráficos que demuestran que lo de la energía solar es imparable. Recuperado de <https://www.xataka.com/energia/los-11-graficos-que-demuestran-que-lo-de-la-energia-solar-es-imparable>

