

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO PILOTO DE ENERGÍA  
SOLAR AUTO SOSTENIBLE EN LAS OFICINAS DE GESTIÓN DEL RIESGO DE LA  
GOBERNACIÓN DE BOYACÁ.

SANDRA MILENA CARRILLO TIQUE

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
SOGAMOSO - BOYACÁ  
ENERO, 2018

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO PILOTO DE ENERGÍA  
SOLAR AUTO SOSTENIBLE EN LAS OFICINAS DE GESTIÓN DEL RIESGO DE LA  
GOBERNACIÓN DE BOYACÁ.

SANDRA MILENA CARRILLO TIQUE

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Ambiental

Directora:

Blanca Catalina Albarracín Bustos

Administradora Ambiental, Esp. En Gerencia de Recursos Naturales, Máster en Sistemas Integrados de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, la Calidad, el Medio Ambiente y la Responsabilidad Social Corporativa

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
SOGAMOSO - BOYACÁ  
ENERO, 2018

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## **DEDICATORIA**

*Doy gracias a mis padres Héctor y Leyla, por ser siempre mi apoyo más importante en cada paso de mi vida; a mis hermanos Wilder, Alejandra y Camilo, por estar siempre a mi lado; gracias por su amor, su confianza infinita, por sus palabras de aliento, por demostrarme que es posible alcanzar muchas metas con constancia, esfuerzo y dedicación.*

*A la Directora, Blanca Catalina Albarracín Bustos, por haberme brindado su apoyo en la realización este trabajo, con sus recomendaciones, orientaciones y enseñanzas, siempre muy pertinentes.*

*Gracias al Ingeniero Cesar Augusto Guarín Campo, por sus recomendaciones muy oportunas y acertadas, en la etapa final de mi Trabajo de Grado, por su interés en que sus estudiantes culminen de la mejor manera y con conocimientos solidos su proceso de aprendizaje.*

*A cada uno de los docentes que compartieron sus conocimientos conmigo durante estos años, me llevo muchas bases sólidas para ser una muy buena profesional, que deje el nombre de la Universidad en alto.*

*A mis amigos y mi novio, quienes en alguna etapa de mis estudios estuvieron ahí en para brindarme ánimo, apoyo y cariño.*

*Gracias a cada uno de ustedes, hoy logro culminar satisfactoriamente este reto de obtener un segundo título de pregrado, agradeciendo a Dios y la Santísima Virgen, por guiarme en este camino y darme la fortaleza de finalizar esta etapa.*

*A cada uno de ustedes... ¡Muchas Gracias, Dios los Bendiga!*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>13</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>15</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>20</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>22</b>
<b>4. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>23</b>
<b>4.1 CAMBIO CLIMÁTICO</b> .....	<b>23</b>
<b>4.1.1 Escenarios de Cambio Climático 2011 - 2100</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1.2 Principales aumentos de precipitación en Boyacá</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1.3 Principales aumentos de temperatura</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1.4 Principales efectos de los cambios de temperatura y precipitación en Boyacá</b> ..	<b>25</b>
<b>4.1.5 Principales efectos en los diferentes Escenarios Climáticos y su interpretación</b>	<b>25</b>
<b>4.1.6 Variabilidad Climática y Cambio Climático en el Sector de Energía</b> .....	<b>26</b>
<b>4.2 ENERGÍA SOLAR</b> .....	<b>28</b>
<b>4.2.1 Importancia de la Energía Solar</b> .....	<b>28</b>
<b>4.2.2 Características generales del Sol</b> .....	<b>28</b>
<b>4.2.3 Estructura Solar</b> .....	<b>30</b>
<b>4.2.4 Características de la Radiación Solar</b> .....	<b>31</b>
<b>4.2.5 Distribución espectral de la radiación solar</b> .....	<b>33</b>
<b>4.3 IRRADIACIÓN SOLAR</b> .....	<b>35</b>
<b>4.3.1 Posición del Sol</b> .....	<b>36</b>
<b>4.4 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>37</b>
<b>4.4.1 Orientación de los paneles solares</b> .....	<b>43</b>
<b>4.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN COLOMBIA</b> .....	<b>44</b>
<b>4.5.1 Análisis promedio anual</b> .....	<b>44</b>
<b>4.5.2 Análisis espacio temporal a lo largo del año</b> .....	<b>45</b>
<b>5. MARCO LEGAL</b> .....	<b>46</b>

5.1	<b>LEGISLACIÓN COLOMBIANA SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES .....</b>	<b>47</b>
5.2	<b>NORMATIVIDAD .....</b>	<b>47</b>
5.3	<b>ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD EN TEMAS DE ENERGÍA RENOVABLE EN COLOMBIA.....</b>	<b>53</b>
6.	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>57</b>
7.	<b>DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>59</b>
7.1	<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA .....</b>	<b>59</b>
7.2	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>60</b>
7.2.1	<b>Clasificación del Proyecto .....</b>	<b>60</b>
7.2.2	<b>Fuentes de Información.....</b>	<b>60</b>
7.2.3	<b>Recolección y Análisis de la Información.....</b>	<b>61</b>
7.3	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>62</b>
7.3.1	<b>Descripción del Área de Estudio .....</b>	<b>62</b>
7.4	<b>ANÁLISIS TÉCNICO .....</b>	<b>68</b>
7.4.1	<b>Obtención de Datos.....</b>	<b>68</b>
7.4.2	<b>Procesamiento y Análisis de Datos.....</b>	<b>68</b>
7.5	<b>ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>71</b>
7.5.1	<b>Distancia entre Paneles Solares .....</b>	<b>71</b>
7.5.2	<b>Orientación de los Paneles Solares .....</b>	<b>72</b>
7.5.3	<b>Análisis de las sombras en los Paneles Solares .....</b>	<b>72</b>
7.5.4	<b>Cantidad de Watios que se requieren suplir al mes con los Paneles Solares.....</b>	<b>73</b>
7.5.5	<b>Número de Paneles Solares que se requiere instalar .....</b>	<b>73</b>
7.5.6	<b>Cantidad de kWh que se puede generar con los Paneles Solares. ....</b>	<b>74</b>
7.5.7	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la Energía Fotovoltaica Vs. la Energía Convencional en las instalaciones del CDGRD. ....</b>	<b>75</b>
7.6	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO .....</b>	<b>77</b>
7.6.1	<b>Análisis Económico.....</b>	<b>77</b>
7.6.2	<b>Análisis Económico para la elaboración del Proyecto .....</b>	<b>79</b>
7.6.3	<b>Análisis Financiero .....</b>	<b>80</b>
7.7	<b>ANÁLISIS SOCIAL.....</b>	<b>85</b>
7.8	<b>ANÁLISIS AMBIENTAL .....</b>	<b>86</b>
7.8.1	<b>Uso actual de la Energía en el Departamento de Boyacá.....</b>	<b>86</b>
7.8.2	<b>Efectos medio ambientales de la Energía Solar Fotovoltaica (ESFV). ....</b>	<b>88</b>
8.	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>91</b>
9.	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>95</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>103</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Actividades del Sector Energía que generan mayor cantidad de emisiones .....	26
<b>Tabla 2.</b> Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustible.....	27
<b>Tabla 3.</b> Cifras del Sol .....	29
<b>Tabla 4.</b> Conformación del Sol.....	30
<b>Tabla 5.</b> Energía Eficiente Vs. Energía Ineficiente. ....	42
<b>Tabla 6.</b> Normatividad y legislación en materia del uso e implementación de Energías Alternativas aplicables en Colombia. ....	48
<b>Tabla 7.</b> Institucionalidad Sector Eléctrico - Colombia.....	54
<b>Tabla 8.</b> Distribución física de las instalaciones de la Oficina de Gestión del Riesgo Departamental.....	64
<b>Tabla 9.</b> Cuadro de consumo energético de las Instalaciones del CDGRD de Boyacá .....	68
<b>Tabla 10.</b> Datos requeridos para hallar la distancia mínima ( $d_{\min}$ (m)) entre Paneles Solares .....	71
<b>Tabla 11.</b> Watios que se requieren suplir al mes con los Paneles Solares .....	73
<b>Tabla 12.</b> Datos requeridos para obtener el número de paneles a instalar en las oficinas.....	73
<b>Tabla 13.</b> Número de Paneles Solares que se requiere instalar .....	74
<b>Tabla 14.</b> Cantidad de W/h que se puede generar con los Paneles Solares .....	74
<b>Tabla 15.</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> generadas por la Energía Fotovoltaica y la Energía Convencional en las instalaciones del CDGRD. ....	75
<b>Tabla 16.</b> Costos del proyecto por fase de compra e implementación.....	78
<b>Tabla 17.</b> Inversión requerida para la elaboración del proyecto .....	79
<b>Tabla 18.</b> Gastos requeridos para la elaboración del proyecto.....	79
<b>Tabla 19.</b> Costos que se requieren para la elaboración del proyecto.....	80
<b>Tabla 20.</b> Resultados económicos de la elaboración del Proyecto .....	80
<b>Tabla 21.</b> Cálculo para hallar el valor mensual aproximado de Energía .....	81

<b>Tabla 22.</b> Historial de consumo de Energía en kWh en las instalaciones del CDGRD de Boyacá .....	81
<b>Tabla 23.</b> Análisis Financiero en costos de ahorro en las facturas de Energía .....	82
<b>Tabla 24.</b> Datos requeridos para hallar el VPN del Proyecto.....	84
<b>Tabla 25.</b> Incremento anual en el costo de la factura .....	84

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Energía radiada por el Sol y la Tierra.....	32
<b>Figura 2.</b> Espectro de Radiación Solar fuera de la atmósfera de la Tierra (área amarilla) y a nivel del mar para condiciones de cielo despejado (área roja).....	33
<b>Figura 3.</b> Espectro Electromagnético .....	34
<b>Figura 4.</b> Esquema de la Radiación Solar .....	35
<b>Figura 5.</b> Ángulos relativos a la posición del Sol (Acimut) .....	36
<b>Figura 6.</b> Ángulos relativos a la posición del Sol (Altura) .....	37
<b>Figura 7.</b> Panel Solar Fotovoltaico .....	38
<b>Figura 8.</b> Placas Fotovoltaicas.....	39
<b>Figura 9.</b> Energía solar interconectada a la red eléctrica .....	41
<b>Figura 10.</b> Posición de El Sol, La Tierra y los rayos solares con el eje de los polos terrestres sin desviación.....	43
<b>Figura 11.</b> Distancia mínima entre Paneles Solares .....	72

## LISTA DE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Imágenes del Sol tomadas en canales de luz ultravioleta lejana (171Å) y de rayos X de alta Energía, obtenidas por el Observatorio Solar y Hemisférico (SOHO) y por el Observatorio de Dinámica Solar (SDO).....	29
<b>Imagen 2.</b> Estructura del Sol.....	30
<b>Imagen 3.</b> Ubicación del lugar a implementar el proyecto .....	59
<b>Imagen 4.</b> Vista frontal del área de estudio (Instalaciones de la Dirección de Gestión del Riesgo de Desastres de la Gobernación de Boyacá).....	62
<b>Imagen 5.</b> Vista posterior del área de estudio (Instalaciones de la Dirección de Gestión del Riesgo de Desastres de la Gobernación de Boyacá).....	63

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Participación (%) de las Energías Renovables en la producción mundial de electricidad - 2014.....	53
<b>Gráfico 2.</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> para algunos países seleccionados (Mt CO <sub>2</sub> ) 1980 – 2012 .....	54
<b>Gráfico 3.</b> Consumo de Energía por secciones de las instalaciones .....	70
<b>Gráfico 4.</b> Consumo de Energía durante el día y la noche (W/h) .....	70
<b>Gráfico 5.</b> Relación Potencia-Energía .....	75
<b>Gráfico 6.</b> Emisiones de g de CO <sub>2</sub> del sistema de Energía Tradicional frente al Sistema Fotovoltaico .....	76
<b>Gráfico 7.</b> Consumo de Energía en kWh en las instalaciones del CDGRD de Boyacá.....	81
<b>Gráfico 8.</b> Comparación del costo de la factura de Energía frente al valor de la factura con el Sistema Fotovoltaico instalado.....	83

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Escenarios de Cambio Climático en Boyacá 2011 – 2100.....	104
<b>Anexo 2.</b> Principales aumentos de Precipitación en el Departamento de Boyacá 2005 a 2100..	105
<b>Anexo 3.</b> Principales aumentos de Temperatura en el Departamento de Boyacá 2005 a 2100...	106
<b>Anexo 4.</b> Irradiación global horizontal medio diario anual.....	107
<b>Anexo 5.</b> Lista de Estaciones Convencionales de Radiación Global del IDEAM usadas en el atlas .....	108
<b>Anexo 6.</b> Distribución del Índice UV máximo diario.....	109
<b>Anexo 7.</b> Promedios Mensuales de Irradiación Global Media recibida en superficie para las principales ciudades del país (Wh/m <sup>2</sup> /día).....	110
<b>Anexo 8.</b> Mapa distribución del Índice UV máximo diario.....	111
<b>Anexo 9.</b> Cotización de la empresa Heliosyst S.A.S, para la instalación de Paneles Solares en las Oficinas de Gestión del Riesgo del Departamento de Boyacá.....	112
<b>Anexo 10.</b> Cotización de la empresa Iluminación S.A.S, para la instalación de Paneles Solares en las Oficinas de Gestión del Riesgo del Departamento de Boyacá.....	113
<b>Anexo 11.</b> Cotización Heliosyst S.A.S. Análisis de Precios Unitarios (APU) para compra e instalación de sistema fotovoltaico en las oficinas de Gestión del Riesgo Departamental de Boyacá.....	114
<b>Anexo 12.</b> Datos del Flujo Efectivo de Operación (FEO) a 25 años, para calcular el VPN.....	118
<b>Anexo 13.</b> Valores obtenidos en el desarrollo de la fórmula VPN, para los 25 años.....	118

## GLOSARIO DE UNIDADES Y DE SIMBOLOGÍA QUÍMICA

UNIDAD	SIMBOLO
Ångström	Å
Agua	H <sub>2</sub> O
Bifenilos Policlorados	PCB
Cadmio	Cd
Carbono	C
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>
Distancia mínima	d <sub>min</sub>
Frecuencia	μ
Grados Kelvin	°K
Gramo por centímetro cúbico	g/cm <sup>3</sup>
Helio	He
Hertz	Hz
Hidrógeno	H
Kilo watios hora por metro cuadrado	kWh/m <sup>2</sup>
Kilómetro	Km
Kilovatio-hora	kWh
Litio	Li
Longitud de onda	λ
Megavatio	MW
Metalotioneína	MT

Mercurio	Hg
Metano	CH <sub>4</sub>
Micrómetros	μm
Nanómetros	nm
Neón	Ne
Níquel	Ni
Níquel-Cadmio	NiCd
Nitrógeno	N
Norte	N
Oeste	W
Óxido de Nitrógeno	N <sub>2</sub> O
Óxido de Nitrógeno	N <sub>2</sub> O
Óxidos de Nitrógeno	Nox
Oxígeno molecular	O <sub>2</sub>
Ozono	O <sub>3</sub>
Partes por millón	ppm
Plomo	Pb
Silicio	Si
Sulfuro de cadmio	CdS
Telururo de cadmio	CdTe
Wattios por metro cuadrado	W/m <sup>2</sup>
Vatios (Voltaje)	V
Vatio hora	Wh

## RESUMEN

El presente trabajo de grado corresponde a un proyecto aplicado, el cual tiene el propósito general de estudiar y analizar la generación de Energía Eléctrica, implementando un sistema de Paneles Solares Fotovoltaicos en un espacio usado para oficinas, teniendo en cuenta los puntos de vista técnico, financiero, social y ambiental.

La selección para la implementación del presente proyecto de Energía Alternativa se basó en la identificación de las alternativas que más se ajustan a las condiciones medioambientales de la ciudad de Tunja, entre las que se encuentran la Energía Fotovoltaica y Eólica, puesto que no generan contaminación y además su uso no involucra el agotamiento de ésta para satisfacer la demanda energética de las poblaciones al momento de aprovechar los recursos disponibles de la radiación solar y de los vientos, lo cual, disminuye de manera significativa los impactos frente a los sistemas tradicionales de generación de Energía. Con base en lo anterior, se seleccionó el sistema de Paneles Solares, dado que aspectos como la radiación solar, características geográficas (latitud y longitud) que se presentan en la ciudad, hacen que sea la alternativa más viable.

Para el desarrollo del estudio técnico, se tuvo en cuenta un sistema de Energía Solar interconectada a la red eléctrica, tipo mixto, el cual se instala con el fin de proporcionar una fracción del consumo energético durante el día, es decir es un sistema donde la Energía consumida proviene simultáneamente del sistema solar y la red eléctrica. Este es apropiado y recomendado por varias empresas para su implementación en la ciudad, la industria, centros comerciales, hospitales, instituciones educativas y/o cualquier edificación con elevado consumo de Energía.

Dentro del componente financiero del proyecto, se hizo un análisis del ahorro que representa en cuanto al consumo y sus costos asociados, verificando el costo por vatio instalado, tomando como base la información que se extrajo del consumo energético de las instalaciones donde se encuentran las oficinas. También, se realizó el análisis social y ambiental, observando que el uso de Energías Alternativas en la ciudad de Tunja puede contribuir a mitigar los impactos del Cambio Climático, acorde con el Plan Integral de Cambio Climático de Boyacá (PICCCBoyacá)

Finalmente, se organizó la información y se elaboró la presente propuesta, con el fin de poder continuar posteriormente con la fase de implementación, contribuyendo de esta manera con los beneficios que representa para el Departamento y la población.

***Palabras Claves:** Energía Solar, Energía Fotovoltaica, Cambio Climático, Celdas Fotovoltaicas, Efecto Fotoeléctrico, Energías Renovables*

## **ABSTRACT**

The present work of degree corresponds to an applied project, which has the general purpose of studying and analyzing the generation of electrical energy, implementing a system of photovoltaic solar panels in a space used for offices, taking into account the technical points of view, financial, social and environmental.

The selection for the implementation of this alternative energy project was based on the identification of alternatives that best fit the environmental conditions of the city of Tunja, among which are photovoltaic and wind energy, since they do not generate pollution and In addition, its use does not involve the depletion of the latter to satisfy the energy demand of the populations at the time of taking advantage of the available resources of solar radiation and winds, which significantly reduces the impacts compared to traditional generation systems. Energy. Based on the above, the solar panel system was selected, given that aspects such as solar radiation, geographical characteristics (latitude and longitude) that occur in the city, make it the most viable alternative.

For the development of the technical study, a solar energy system interconnected to the electric network, mixed type, was taken into account, which is installed in order to provide a fraction of the energy consumption during the day, that is, it is a system where The energy consumed comes simultaneously from the solar system and the electrical network. This is appropriate and recommended by several companies for its implementation in the city, industry, shopping centers, hospitals, educational institutions and / or any building with high energy consumption.

Within the financial component of the project, an analysis was made of the savings it represents in terms of consumption and associated costs, verifying the cost per watt installed, based on the information extracted from the energy consumption of the facilities where the offices are located.

Also, the social and environmental analysis was carried out, noting that the use of alternative energies in the city of Tunja can contribute to mitigate the impacts of climate change, in accordance with the Boyacá Integral Climate Change Plan (PICCBoyacá)

Finally, the information was organized and the present proposal was elaborated, in order to be able to continue later with the implementation phase, contributing in this way with the benefits it represents for the Department and the population.

***Keywords:*** *Solar Energy, Photovoltaic Energy, Climate Change, Photovoltaic Cells, Photoelectric Effect, Renewable Energies.*

## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, se ha evidenciado el incremento de la contaminación ambiental, por causas tanto naturales como antropogénicas; sin embargo, estas últimas han contribuido a acelerar mucho más los efectos en el clima y de estos sobre el medio ambiente y el flujo de los ecosistemas; haciendo necesario un cambio en las pautas de consumo y producción a nivel global.

Un hecho que marcó el desarrollo de la humanidad se dio a mediados del siglo XIX, con la llamada revolución industrial; con esta, el uso de combustibles fósiles se incrementó de manera exponencial, presentándose, un crecimiento poblacional acelerado. Este desarrollo estuvo marcado por el uso desmedido de combustibles fósiles, los cuales, según la Agencia Internacional de Energía (AIE) y para el año 2008, el 81.3% de la Energía Primaria Total Mundial (Agencia Internacional de Energía (AIE), 2010). De este porcentaje, la mayor parte del petróleo se emplea en motores de combustión interna destinados al transporte, el resto en generación de electricidad y en la petroquímica. La mitad del carbón se emplea en la generación de Energía Eléctrica y el resto en diversas funciones industriales y domésticas. El gas, se emplea crecientemente en la generación de electricidad pues se pasó del 12.1% de su uso en el total de Energía Eléctrica generada en 1973 a 21.3% en 2008. También se usa, y prácticamente en montos similares, por la industria, el comercio y usos domésticos. Es de precisar que la mayoría de la Electricidad, o Energía Secundaria, se emplea en usos industriales (54%) y doméstico-comerciales (46%). (RAMOS, 2011)

A lo anterior se suma el continuo incremento desmesurado de la población, la desaparición acelerada de las masas boscosas, el incremento de contaminantes que generan entre otras cosas, radiactividad, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el calentamiento del planeta, daños en la capa de ozono; la degradación de la Naturaleza y la desaparición de especies. Esto, debido en gran parte

al sistema socioeconómico que el hombre ha creado y que impulsa al individuo a la acumulación de riqueza, al consumismo excesivo, sin importar el daño ocasionado al planeta. (MINAMBIENTE, 2015)

Refiriéndonos al Departamento de Boyacá, este presenta características tanto físicas, geográficas, ambientales, entre otras que permiten que cuente con una gran riqueza en recursos naturales, variedad de fauna y flora, entre otros, que en los últimos años se han visto alterados por cambios significativos en el clima, asociado a esto, se suman cambios en los ecosistemas y los impactos sobre distintos sectores. (ROZO, 2015)

En relación a lo mencionado, y siguiendo los convenios y tratados firmados por los países parte de la COP, dentro de los cuales se encuentra Colombia, y sus compromisos adquiridos en la COP 21 de Paris (GARCÍA ARBELÁEZ, 2015), Nuestro país, a través del Plan Nacional de Cambio Climático (PNACC), busca que los Departamentos adopten sus Planes Departamentales de Cambio Climático, en los cuales se identifiquen medidas de mitigación y adaptación al Cambio Climático, que incluyan el financiamiento, la transferencia de tecnología y la construcción de capacidades, entre otros.

Acorde a estos compromisos e identificando las medidas de mitigación que se proponen para el país en el documento elaborado por la Universidad de los Andes (CADENA, 2016), se implementará en el Departamento un proyecto piloto de Energías Alternativas, que consiste en la instalación de un Sistema de Paneles Solares, que permita contribuir a la mitigación de los daños ocasionados al medio ambiente por el uso de Energías Convencionales, este sistema va a ser implementado en las oficinas del Consejo Departamental de Gestión del Riesgo (CDGRD), como proyecto piloto.

De acuerdo a los análisis realizados en el año 2016 en las instalaciones del CDGRD respecto a la ubicación, condiciones medioambientales, así como los relacionados con el consumo de Energía Eléctrica, con datos tomados de los recibos de Energía que llegan mensualmente de la Empresa de Energía de Boyacá y del contador de Energía, se observa que se requieren 18 paneles de 1m por 1m, los cuales van a permitir una eficiencia del 58% en el valor de la factura de Energía,

teniendo en cuenta que el sistema a implementar es mixto. Este proyecto se busca replicarlo en las demás dependencias de la Gobernación, e incluirlo en los proyectos de vivienda rural.

Lo anterior va a permitir reducir los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, a través de la limitación o disminución del uso de combustibles fósiles y el aumento o mejora de los sumideros y reservas de éstos gases haciendo que la población del Departamento goce de mejores condiciones ambientales, mejorando de esta manera su calidad de vida.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Boyacá es un Departamento con una alta vulnerabilidad al Cambio Climático, por sus características físicas, geográficas, económicas, sociales y de biodiversidad, lo que implica que, para este, es de vital importancia generar la capacidad de entender las consecuencias que denotan los cambios en el clima y los impactos que implican para su territorio. Consientes de esto, en el Departamento se formuló el Plan Integral de Cambio Climático de Boyacá (PICC Boyacá 2030 “Boyacá en acción frente al Cambio Climático”), donde se incluye un análisis general del Departamento en temas de vulnerabilidad, adaptación y mitigación, así como un portafolio de perfiles de proyectos, donde se proponen medidas de adaptación y mitigación desde todos los sectores, como es el energético.

Por lo anterior, la Gobernación de Boyacá busca dar continuidad a este Plan con la fase de implementación a través de la puesta en marcha de proyectos propuestos, teniendo en cuenta que el tema de Cambio Climático actualmente es de gran importancia a nivel global y que Boyacá apoyado por el gobierno nacional busca ir de la mano con la implementación de tecnologías que permitan su mitigación, como se ha evidenciado en la participación realizada por el país en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2015 (COP21).

Dentro de estos proyectos que se proponen se encuentra el de Energías Alternativas, viendo viable la implementación de Paneles Solares partiendo de un proyecto piloto a desarrollarse en las oficinas de la Dirección de Gestión del Riesgo de la Gobernación. Para esto se busca proponer un sistema viable desde el punto de vista técnico y financiero, como es el sistema conectado a la red eléctrica, el cual se instala para proporcionar una fracción del consumo energético durante el día. En horas de la noche se hace uso de la Energía proveniente de la red eléctrica por lo que el sistema no requiere del uso de baterías, que son las que incrementan los costos en la implementación de este tipo de proyectos; por lo que representa ahorros en cuanto al

consumo y sus costos asociados gracias a su alta eficiencia, lo cual se verá reflejado en un bajo costo por vatio instalado (Heliosyst, 2016).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer un proyecto piloto para la implementación de Energía Solar auto sostenible, como alternativa de reducción del uso de Energía Convencional en las oficinas de Gestión del Riesgo de la Gobernación de Boyacá.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar el Sistema Fotovoltaico más viable para la generación de Energía Renovable, en las oficinas de Gestión del Riesgo del Departamento de Boyacá.
- Realizar la evaluación técnica, económica y financiera, para la implementación del Sistema de Energía Solar Auto Sostenible en las oficinas de Gestión del Riesgo Departamental.
- Elaborar el análisis social, y ambiental que implica la implementación del Sistema de Energía Alternativa en las oficinas de Gestión del Riesgo Departamental.
- Desarrollar la propuesta para implementar el proyecto piloto de Energía Auto Sostenible en las instalaciones del Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres (CDGRD) de Boyacá.

## **4. MARCO TEÓRICO**

A continuación, se busca contextualizar al lector en el tema de Energías Alternativas del cual trata el presente proyecto, su importancia para el medio ambiente y el cumplimiento de los acuerdos frente al Cambio Climático firmados por el Gobierno Nacional. Se busca mostrar que, en el tema del uso de Energía Convencional, una de las soluciones es el aprovechamiento de la Energía Solar mediante su transformación fotovoltaica. El Territorio Colombiano y el Departamento de Boyacá, presenta un escenario apropiado para implementar sistemas de generación eléctrica con el recurso solar por Sistemas Fotovoltaicos.

### **4.1 CAMBIO CLIMÁTICO**

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, define el Cambio Climático como un "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables". (MINAMBIENTE, 2017)

En la actualidad existe un consenso científico, casi generalizado, en torno a la idea de que nuestro modo de producción y consumo energético está generando una alteración climática global, que provocará, a su vez, serios impactos sobre la tierra y los sistemas socioeconómicos. (MINAMBIENTE, 2017)

Hoy en día, además de aceptar que el Cambio Climático es una realidad, hemos llegado al acuerdo que adaptarnos a los inminentes impactos de este fenómeno es un aspecto urgente para tener en cuenta en los procesos de desarrollo, de la misma manera como se debe abogar por aminorar sus causas. Como respuesta a esta necesidad, el Gobierno Nacional formuló el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), cuya finalidad es reducir la

vulnerabilidad del país e incrementar su capacidad de respuesta frente a las amenazas e impactos del Cambio Climático (DNP, 2015). Con base en este se busca que los Departamentos formulen y ejecuten también sus Planes de Cambio Climático; por lo que el Departamento de Boyacá, siguiendo éstos lineamientos formuló el Plan Integral de Cambio Climático de Boyacá (PICCBoyacá).

#### **4.1.1 Escenarios de Cambio Climático 2011 - 2100**

La temperatura y la precipitación son dos variables que marcan las tendencias de Cambio Climático inducidas tanto por factores naturales como por cambios que han generado las actividades humanas en el planeta. (Barba, 2010)

Gracias a la medición constante de estas variables, así como de las metodologías meteorológicas más avanzadas a nivel mundial, hoy es posible generar Escenarios de Temperatura y Precipitación para Colombia y por lo tanto para Boyacá, con los lineamientos propuestos por el IPCC. (Barba, 2010)

Los Escenarios de Cambio Climático (**Ver Anexo 1**) son un insumo de gran importancia para avanzar hacia un análisis de vulnerabilidad que permita aumentar el nivel de comprensión y de planificación, para poder reducir los riesgos y aumentar la capacidad adaptativa del Departamento. (Barba, 2010)

#### **4.1.2 Principales aumentos de precipitación en Boyacá.**

En promedio para el Departamento no se presentarán grandes aumentos de precipitación, excepto en un núcleo asociado a la Provincia de Centro y Márquez en donde el cambio podrá estar entre el 20% y el 40%. (**Ver Anexo 2**) (IDEAM, 2015)

#### **4.1.3 Principales aumentos de temperatura.**

Según el ensamble multiescenario, la temperatura para el Departamento podrá ascender en 2,4°C para finales del siglo. (**Ver Anexo 3**) (IDEAM, 2015)

Zonas más afectadas: Provincia de Occidente, Puerto Boyacá, Cubará, y Provincia de Neira. (IDEAM, 2015)

#### **4.1.4 Principales efectos de los cambios de temperatura y precipitación en Boyacá.**

En general el Sector que se puede ver principalmente afectado es el Agropecuario, dado los aumentos progresivos de temperatura para las Provincias de Occidente y Cubará.

El Sector Vial podrá verse afectado especialmente en la Provincia Centro y Oriente por aumentos de precipitación y posibles deslizamientos. (IDEAM, 2015)

En general, páramos y coberturas de nieve, estarán sometidos a estrés térmico y la biodiversidad asociada podrá verse afectada por desplazamientos altitudinales. (IDEAM, 2015)

#### **4.1.5 Principales efectos en los diferentes Escenarios Climáticos y su interpretación**

- **Agrícola:** Anticipar cuáles cultivos serán aptos en las diferentes zonas del Departamento si se eleva la temperatura será importante para la seguridad alimentaria y para garantizar la competitividad futura. (IDEAM, 2015)
- **Salud:** Un grado más de temperatura representará un aumento en vectores como el de dengue o malaria. (IDEAM, 2015)
- **Energía:** Deberá proyectar sus hidroeléctricas con base a las proyecciones de precipitación, así como al aumento en la temperatura que ocasionará mayor evaporación de agua en las represas. Además, deberá proponer proyectos para la implementación de Energías Alternativas, que mitiguen el Impacto Ambiental generado por el uso de Energías Transicionales. (IDEAM, 2015)
- **Vías:** Deberán estar diseñadas para resistir más o menos lluvias que impactarán en derrumbes e inundaciones. (IDEAM, 2015)

- **Agua:** El derretimiento del nevado o la transformación de los páramos y bosques de niebla, afectan de manera directa el abastecimiento de agua en los municipios y poblados. (IDEAM, 2015)

#### 4.1.6 Variabilidad Climática y Cambio Climático en el Sector de Energía

El aumento de las emisiones de GEI derivadas de las actividades humanas, que se acumulan en la atmósfera del planeta, es el principal responsable del Cambio Climático que actualmente experimentamos. La evaluación y el control de emisiones, así como el mantenimiento de los ecosistemas que absorben y almacenan el carbono, son la base de las medidas de mitigación del Cambio Climático. Es por esto que el IPCC, ha desarrollado métodos que permiten medir las emisiones de GEI, el cual fue tomado por el IDEAM para elaborar el Inventario Nacional de Emisiones. (IDEAM P. M., 2015)

Las directrices del IPCC 2006, dividen las emisiones en 4 grandes grupos, dentro de los cuales se encuentra el Sector Energético (**Ver Tabla 1**), seguido por Procesos Industriales, Agricultura y Residuos. Dentro del Sector Energético se incluyen las siguientes actividades que generan mayor cantidad de emisiones de GEI:

**Tabla 1. Actividades del Sector Energía que generan mayor cantidad de emisiones**

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
<b>Quema de combustibles</b>	En este grupo se contabilizan las emisiones de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O generadas por la quema de combustibles fósiles y de biomasa en hornos, calderas, motores o cualquier otro aparato diseñado para producir el calor o el trabajo mecánico requeridos para llevar a cabo diferentes actividades o procesos en diferentes sectores. Cada uno de estos sectores está contemplado en los subprogramas 1A1 al 1A4 y a continuación se describen los que están contemplados para Colombia.
<b>1.A.1 Industria de la Energía</b>	En este grupo se incluyen las emisiones de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O generadas por quema de combustibles en las actividades de extracción y producción de petróleo y gas natural y en las centrales termoeléctricas, refinerías, centros de tratamiento de gas, coquerías, altos hornos y carboneras.
<b>1.A.2 Industrias manufactureras y de la construcción</b>	En este grupo se incluyen las emisiones de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O generadas por quema de combustibles fósiles y de biomasa en las industrias manufactureras, divididas en los siguientes grupos: Hierro y acero,; metales no ferrosos; sustancias químicas; pulpa, papel e imprenta; procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco; minerales no metálicos; equipos de transporte; maquinaria;

	<p>madera y productos de la madera; construcción; textiles y cueros; otra industria manufacturera no especificada anteriormente.</p> <p>También se incluyen las emisiones generadas por la quema de combustibles para la generación de electricidad y calor para el uso propio en las anteriores industrias manufactureras.</p>
<p><b>1.A.3 Transporte</b></p>	<p>En este grupo se incluyen las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O generadas por quema de combustibles fósiles y biocombustibles en el Sector Transporte Terrestre (automóviles, camiones para servicio ligero, camiones para servicio pesado y autobuses, motocicletas), ferrocarriles y navegación marítima y fluvial nacional.</p>

Fuente: (IDEAM P. M., 2015)

- **1.B Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustible.**

En este grupo de Energía se reportan emisiones Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) y Óxido de Nitrógeno (N<sub>2</sub>O) de varios Sectores (Energía, Manufactura, Sector Transporte, Residencial, Comercial, Agrícola) generadas por la quema de combustibles, las emisiones fugitivas generadas en algunos procesos. Las emisiones se dividen en dos grandes grupos llamados A1 y B1, los cuales a su vez se dividen en subgrupos, como se explica en la **Tabla 2**.

**Tabla 2. Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustible.**

GENERADOR DE EMISIONES	DESCRIPCIÓN
<p><b>1.B.1 Combustibles sólidos</b></p>	<p>Incluye las emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> que emanan espontáneamente en las actividades de minería del carbón (subterránea y a cielo abierto) por: grietas venteadas a la atmósfera por sistemas de ventilación del aire y de desgasificación de minas de carbón, las que emanan en actividades posteriores (procesamiento, almacenamiento y transporte). Las emisiones en minas abandonadas también deben ser incluidas, sin embargo el país no cuenta con información para este cálculo.</p>
<p><b>1.B.2 Combustibles sólidos</b></p>	<p>Comprende las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por quema en antorcha en las actividades de petróleo y gas natural y las emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> fugitivas por venteo y demás vinculadas a: exploración, producción y transmisión de petróleo y gas natural; concentración y refinación de petróleo crudo; almacenamiento de gas natural; distribución de productos de petróleo crudo y de gas natural.</p>
<p><b>1.A.4 Otros</b></p>	<p>En este grupo de incluyen las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O generadas por quema de combustibles fósiles y biomasa en los Sectores Residencial, Comercial, Institucional y en actividades Agrícolas (fuentes estacionales y móviles).</p>

Fuente: (IDEAM P. M., 2015)

## **4.2 ENERGÍA SOLAR**

La electricidad es la forma más común de Energía con que se cuenta a nivel global, esta se relaciona con el consumo de combustibles fósiles empleados en luz, refrigeración, calefacción y acceso a medios de comunicación por cable y radio, maquinaria, equipos agrícolas, entre otras muchas (Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB, 2012). Sin embargo, estas aplicaciones basadas en la utilización de recursos naturales representan factores de riesgo ambiental y de salud, como la contaminación atmosférica o calentamiento global, debido al aumento del dióxido de carbono, uno de los gases responsables del efecto invernadero.

Por lo anterior es importante tener en cuenta alternativas para el uso e implementación de Sistemas de Energías Alternativas, como es el aprovechamiento de la Energía Solar, que permite suplir las necesidades energéticas, sin causar una elevada contaminación en el planeta.

### **4.2.1 Importancia de la Energía Solar**

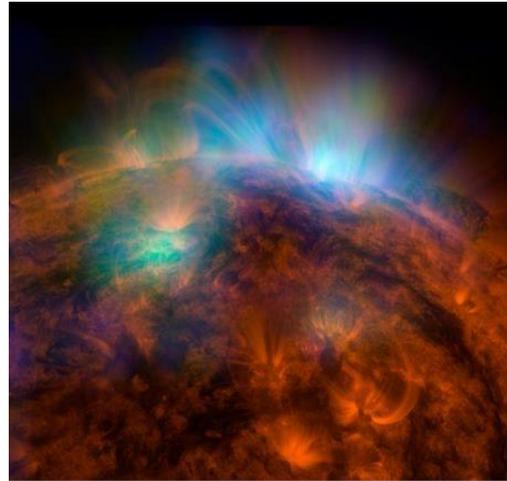
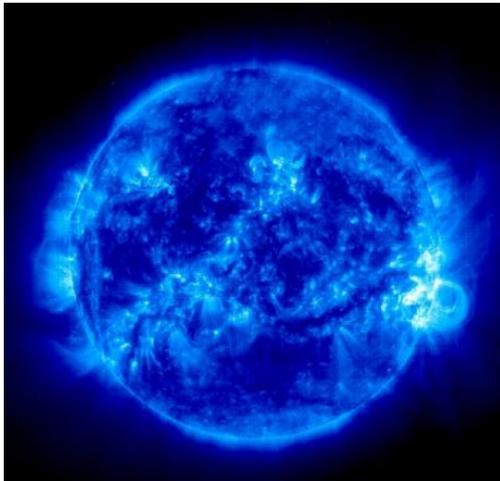
Nuestro planeta recibe del Sol una cantidad de Energía Anual de aproximadamente 1,6 millones de kWh, de los cuales sólo un 40% es aprovechable, una cifra que representa varios cientos de veces la Energía que se consume actualmente en forma mundial; es una fuente de Energía descentralizada, limpia e inagotable. El aprovechamiento energético está entonces condicionado por la intensidad de radiación solar recibida por la tierra, los ciclos diarios y anuales a los que está sometida y las condiciones climatológicas del lugar. Se define Energía Solar a aquella que mediante conversión a calor o electricidad se aprovecha de la radiación proveniente del Sol; otra forma de aprovechamiento asociado considera la posibilidad de hacer uso de la iluminación natural y las condiciones climatológicas de cada emplazamiento en la construcción de edificios mediante lo que se denomina arquitectura bioclimática. (Ministerio de Energía y Minería, 2008)

### **4.2.2 Características generales del Sol**

El Sol es la principal fuente primaria de luz y calor para la Tierra. Un análisis de su composición en función de su masa establece que contiene un 71% de Hidrógeno (H), un 27% de Helio (He) y un 2% de otros elementos más pesados. Debido a que el Sol es gas y plasma, su rotación cambia con la latitud: un periodo de 24 días en el ecuador y cerca de 36 días en los polos (**Ver Tabla 3**).

La diferencia en la velocidad rotacional conjuntamente con el movimiento de los gases altamente ionizados genera sus campos magnéticos (**Imagen 1**). El Sol es la estrella más próxima a la Tierra y se encuentra a una distancia promedio de 150 millones de kilómetros. (HAMILTON, 2000)

**Imagen 1.** Imágenes del Sol tomadas en canales de luz ultravioleta lejana (171Å) y de rayos X de alta Energía, obtenidas por el Observatorio Solar y Hemisférico (SOHO) y por el Observatorio de Dinámica Solar (SDO).



Fuente: (NASA, 2010)

**Tabla 3. Cifras del Sol**

<b>Masa (kg)</b>	<b>1,989X10<sup>30</sup></b>
Masa (Tierra=1)	332.830
Radio ecuatorial (Km)	695.000
Radio ecuatorial (Tierra=1, equivalente a 6.367 Km en promedio)	108,97
Gravedad en superficie (Tierra=1)	28
Densidad	1,41
Periodo rotacional (días)	25-36
Energía radiada por su superficie (kW/m <sup>2</sup> )	63.000
Energía emitida por segundo Kilovatios	3,96X10 <sup>23</sup>
Temperatura media de la superficie	5.800°K
Edad (miles de millones de años)	4,5
Componentes químicos principales	Porcentaje*
Hidrógeno (H)	92,1%
Helio (He)	7,8%
Oxígeno (O)	0,061%
Carbono (C)	0,030%
Nitrógeno (N)	0,0084%
Neón (Ne)	0,0076%
Hierro (Fe)	0,0037%

Silicio ( )	0,0031%
Otros	0,0015%

Fuente: (HAMILTON, 2000)

El Sol contiene más del 99% de toda la materia del Sistema Solar y se formó hace 4.500 millones de años. Ejerce una fuerte atracción gravitatoria sobre los planetas y los hace girar a su alrededor. (HAMILTON, 2000)

### 4.2.3 Estructura Solar

El Sol se encuentra formado por seis regiones principales (**Imagen 2**) (**Ver Tabla 4**):

**Imagen 2.** Estructura del Sol



Fuente: (NASA, 2010)

**Tabla 4.** Conformación del Sol

	Contiene un 40% de la masa del Sol, menos del 2% del volumen total, ocupa un cuarto del radio solar y genera el 90% de su Energía, en un proceso de fusión termonuclear en el cual el hidrógeno (H) se transforma en helio (He).
<b>El núcleo</b>	El hidrógeno contenido en el núcleo del Sol se encuentra ionizado como protones, los cuales se fusionan formando núcleos atómicos de helio (He), liberando Energía en el proceso. Su temperatura se estima en 15 millones de grados Kelvin (°K) y su densidad de 150 gm/cm <sup>3</sup> .
<b>La zona radiativa o</b>	Circunda al núcleo y contiene un gas tan denso que los fotones o radiación electromagnética provenientes del núcleo, duran cientos de miles de años

**de radiación** atravesando esta zona para poder llegar a la superficie del Sol. La Energía generada en el núcleo se difunde a través de la zona radiativa por absorción y emisión atómica. Las temperaturas en esta región alcanzan los 130.000 °K. Esta zona está localizada a una distancia entre 160.000 km y 485.000 km del centro solar.

**Zona convectiva** Es una zona con mucha agitación donde circula el plasma y los gases ascienden muy calientes, se enfrían y descienden. Esta circulación es el principal mecanismo de transferencia de Energía a la superficie solar. Estos procesos convectivos son observados en la superficie del Sol como pequeños gránulos y supergránulos en forma de celdas de 3.000 km de radio (**Imagen 2**).

**La Fotosfera** Es la superficie visible del Sol que rodea la zona convectiva y posee un espesor de aproximadamente 300 Km, es gaseosa y de baja densidad (10-8 g/cm<sup>3</sup>). Sus gases están fuertemente ionizados y con la capacidad de absorber y emitir radiación. La mayor parte de la radiación solar que nos llega proviene de esta capa, su temperatura es cercana a los 5.800 °K. En esta zona se observan áreas oscuras llamadas manchas solares, las cuales son las partes más frías de la superficie con temperaturas de 3.800 °K. Su tamaño es similar al de un planeta; allí se presentan intensos rizos magnéticos. En esta región también se presentan las erupciones solares, que son las explosiones más poderosas del Sistema Solar. Estas poseen un poder explosivo que equivale a cien millones de bombas de hidrógeno (H) y destruyen todo lo que se encuentre cerca de ellas, sin dejar intacto un sólo átomo (**Imagen 2**).

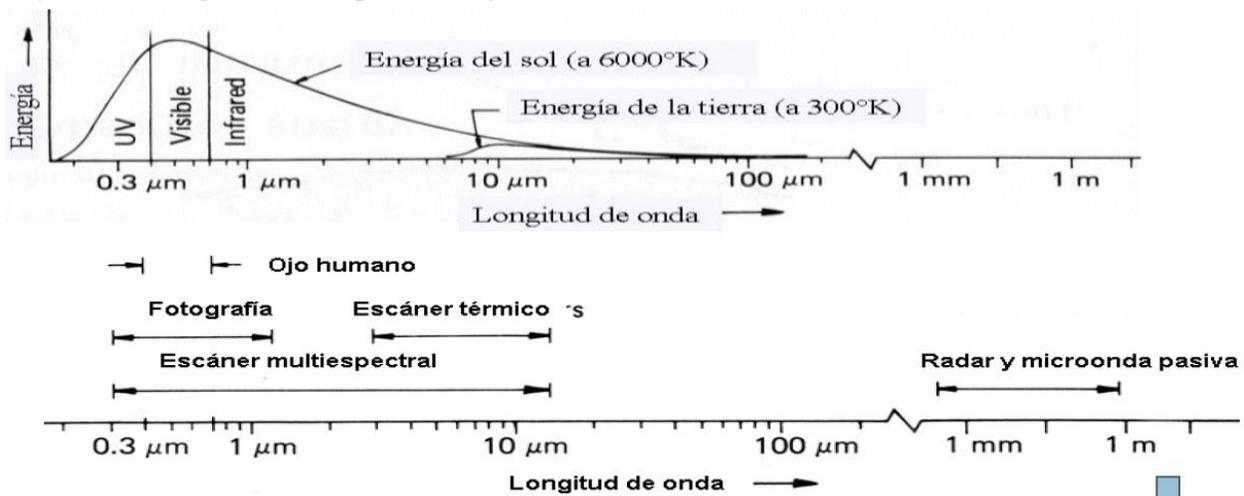
Fuente: (NASA, 2010)

#### 4.2.4 Características de la Radiación Solar

La Radiación Solar es la Energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas y se genera en las reacciones del hidrogeno (H) en el núcleo del Sol por fusión nuclear y es emitida por la superficie solar. Esa Energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. (NASA, 2010)

El Sol emite Energía en forma de radiación de onda corta. Después de pasar por la atmósfera, donde sufre un proceso de debilitamiento por la difusión, reflexión en las nubes y de absorción por las moléculas de gases (como el ozono y el vapor de agua) y por partículas en suspensión, la radiación solar alcanza la superficie terrestre oceánica y continental que la refleja o la absorbe. La cantidad de radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera (**Figura 1**). (NASA, 2010)

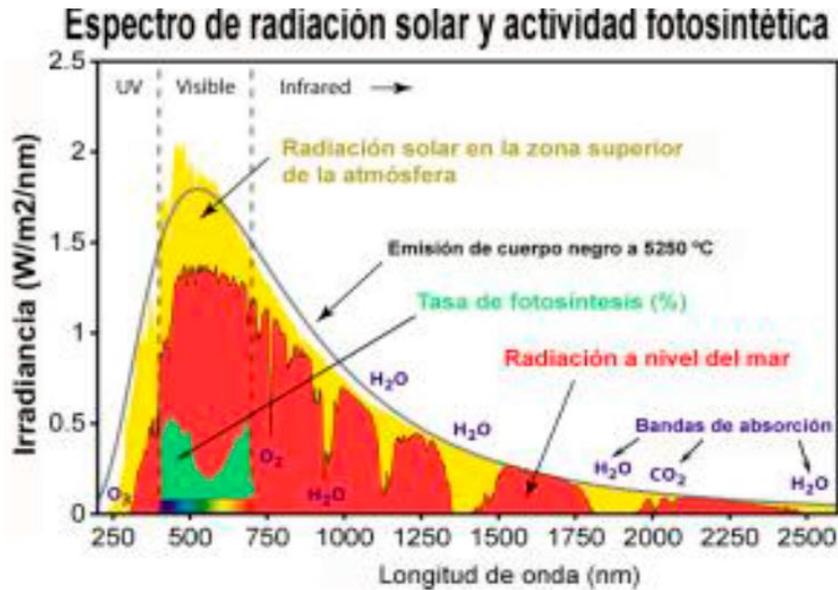
**Figura 1.** Energía Radiada por el Sol y la Tierra



Fuente. (IDEAM, 2014)

En la **figura 2**, el área amarilla representa la solución ideal de la Ley de Plank de la radiación solar que llega al tope de la atmósfera, donde el punto más alto de la curva representa la longitud de onda con la mayor Energía Espectral ( $0,5\mu\text{m}$ , equivalente a  $500\text{ nm}$ ) de acuerdo con la Ley de Wien y el área bajo la curva representa la cantidad total de Energía recibida ( $1.367\text{ W/m}^2$ ). Finalmente, el área roja constituye el espectro de la radiación solar a nivel marino para condiciones de cielo claro, después de la absorción atmosférica debida a diferentes gases. (NASA, 2010)

**Figura 2.** Espectro de radiación solar fuera de la atmósfera de la Tierra (área amarilla) y a nivel del mar para condiciones de cielo despejado (área roja).



Fuente: (NASA, 2010)

El estudio del espectro de la radiación solar que llega a la superficie del suelo permite establecer que la radiación de longitud de onda menor que 200 nm (que es la más peligrosa), es absorbida totalmente por la atmósfera. Esta Energía es absorbida principalmente en la atmósfera por el oxígeno molecular ( $O_2$ ), el ozono ( $O_3$ ) y el vapor de agua ( $H_2O$ ). (IDEAM, 2014)

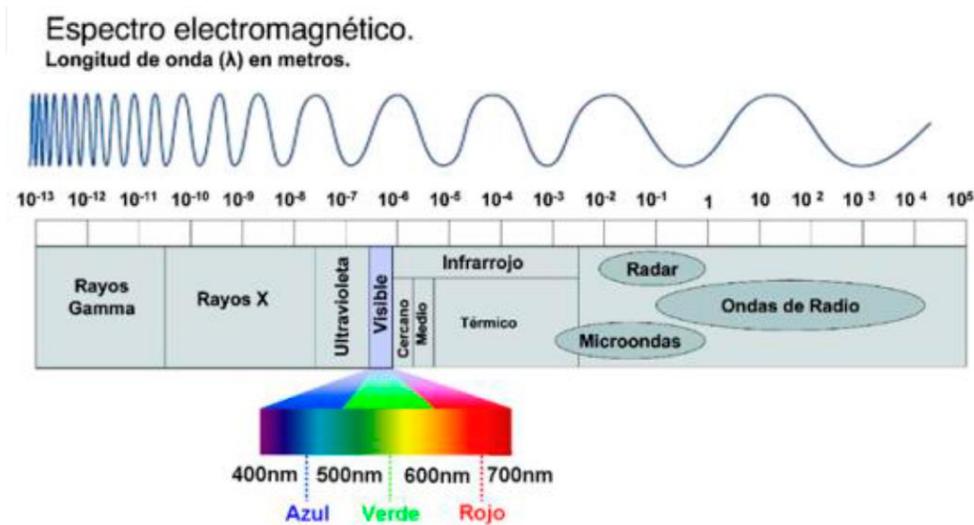
#### 4.2.5 Distribución espectral de la radiación solar

La Energía Solar llega en forma de radiación electromagnética, las cuales son ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica. Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, por lo que pueden atravesar el espacio y llegar a la Tierra desde el Sol y las estrellas. La longitud de onda ( $\lambda$ ) y la frecuencia ( $\mu$ ) de las ondas electromagnéticas, relacionadas mediante la expresión  $\lambda\mu = C$  (donde C es la velocidad de la luz), son importantes para determinar su energía, su poder de penetración y otras características. Independientemente de su frecuencia y longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad de  $C = 299.792\text{ km/s}$ . (NASA, 2010)

La longitud de onda de la luz es tan corta que suele expresarse en nanómetros (nm), que equivalen a una milmillonésima de metro, o una millonésima de milímetro o en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) que equivalen a una millonésima de metro.

La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro en diferentes longitudes de onda, como se muestra en la **Figura 3**, que se extiende desde longitudes de onda corta de billonésimas de metro (frecuencias muy altas), como los rayos gama, hasta longitudes de onda larga de muchos kilómetros (frecuencias muy bajas) como las ondas de radio. El espectro electromagnético no tiene definidos límites superior ni inferior y la Energía de una fracción diminuta de radiación, llamada fotón, es inversamente proporcional a su longitud de onda, entonces a menor longitud de onda mayor contenido energético. Los fotones que se mueven a la velocidad de la luz, son emitidos o absorbidos por la materia. (NASA, 2010)

**Figura 3.** Espectro Electromagnético



Fuente: (NASA, 2010)

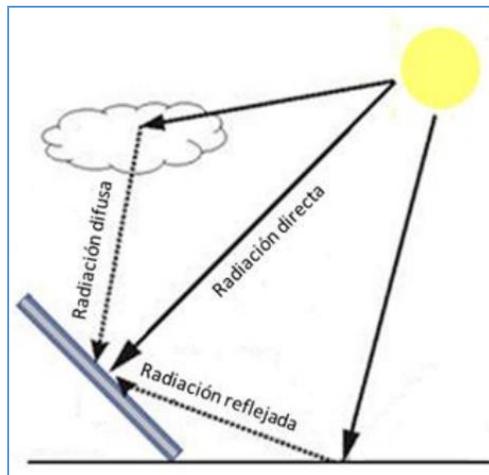
El Sol emite Energía principalmente en la banda del ultravioleta, visible y el infrarrojo cercano (**Figura 3**), esta última está entre  $0,70 \mu\text{m}$  y  $4,0 \mu\text{m}$ . Aproximadamente un 99% de la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra está contenida en la región entre  $0,2$  a  $4,0 \mu\text{m}$  y se denomina radiación de onda corta, mientras que la mayor parte de la radiación terrestre se encuentra en la región entre  $5,0$  a  $100,0 \mu\text{m}$ . (NASA, 2010)

A cada región le corresponde una fracción de la Energía total incidente en la parte superior de la atmósfera (denominada radiación solar extraterrestre) distribuida así: 7,2% al ultravioleta; 47,2% al visible y 45,6% al infrarrojo cercano. (NASA, 2010)

### 4.3 IRRADIACIÓN SOLAR

El Sol como principal fuente de Energía emite radiación en forma de ondas electromagnéticas. No toda la radiación solar que alcanza la atmósfera llega a la superficie debido a que las condiciones meteorológicas, la topografía y las características de la superficie del terreno influyen sobre la misma (**Figura 4**). Sin olvidar que dependiendo de la latitud y la hora del día la radiación solar recibida en cualquier punto del planeta también varía. (Martín Ávila, 2014)

**Figura 4.** Esquema de la Radiación Solar



Fuente: (Martín Ávila, 2014)

La irradiación global, cuya unidad de medida es el kWh/m<sup>2</sup>, incidente en una superficie está formada por tres componentes (directa, difusa y reflejada), en función de cómo llega a los objetos situados en la superficie terrestre:

- **Radiación directa:** Es la radiación que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección.
- **Radiación difusa:** Está originada por la dispersión de la radiación debida a la acción de los agentes atmosféricos (nubes, polvo, etc.).

- **Radiación reflejada (albedo):** Fracción de la radiación solar que es reflejada por el suelo o por los objetos cercanos. (Martín Ávila, 2014)

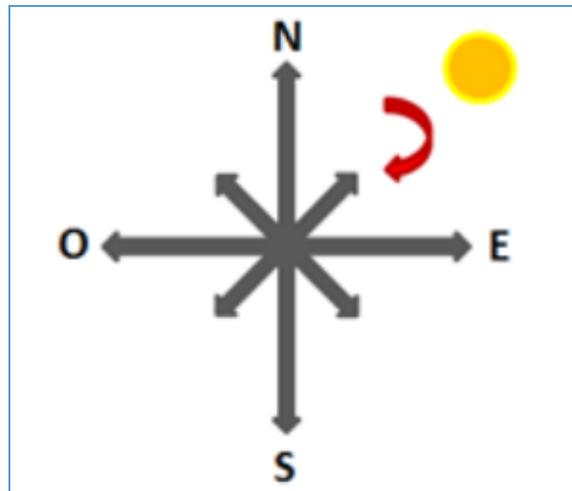
#### 4.3.1 Posición del Sol

Desde una ubicación fija en la superficie terrestre, el Sol parece moverse a lo largo del cielo. La posición del Sol depende de la ubicación de un punto de la Tierra, la hora del día y la época del año. Este movimiento aparente del Sol, causado por la rotación de la Tierra alrededor de su eje, cambia el ángulo en el que la luz llega al terreno y tiene un gran impacto en la cantidad de Energía recibida por los módulos fotovoltaicos (Martín Ávila, 2014). La posición del Sol se puede definir por dos ángulos:

- **Acimut:** Posición angular del Sol expresada en grados de 0 a 360 tomando como posición inicial el norte y medido en sentido horario. (**Figura 5**)

–

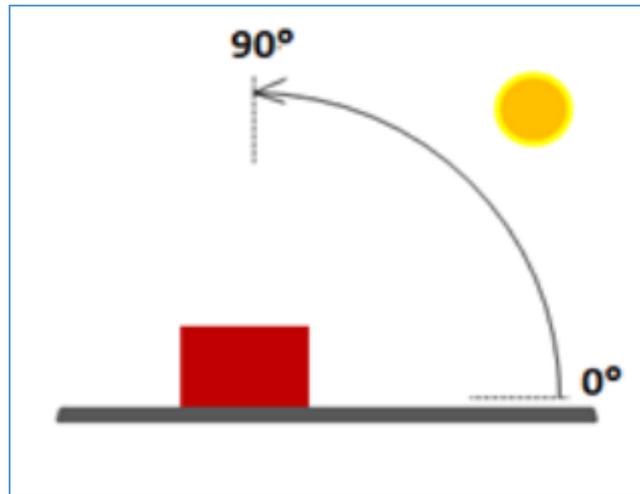
**Figura 5.** Ángulos relativos a la posición del Sol (Acimut)



Fuente: (Martín Ávila, 2014)

- **Altura:** Ángulo vertical formado entre el horizonte y el Sol cuyo valor oscila de 0 a 90 grados (Martín Ávila, 2014). (**Figura 6**)

**Figura 6.** Ángulos relativos a la posición del Sol (Altura)



Fuente: (Martín Ávila, 2014)

Como se explica en la página de ingenieros, Ingelibre, los Paneles Solares ubicados en el hemisferio sur, deben estar dirigidos hacia el Norte; esto, según indican, es debido a que existe una variante entre los hemisferios norte y sur de la tierra al instalar un Panel Solar, debido a la rotación de la tierra, que marca la hora del día en cada parte del mundo. Ya que en el hemisferio norte puede ser de mañana, mientras que en el sur está anocheciendo. Por esta razón, se recomienda que los Paneles Solares del hemisferio Norte, que comprende a Norteamérica, el Ártico, parte de África y Asia, estén dirigidos hacia el sur. Mientras que, en las regiones de Sudamérica, el sur de África, Australia y Oceanía, que son parte del hemisferio sur, se recomienda que los Paneles Solares se encuentren dirigidos al norte. (Ingelibre, 2014)

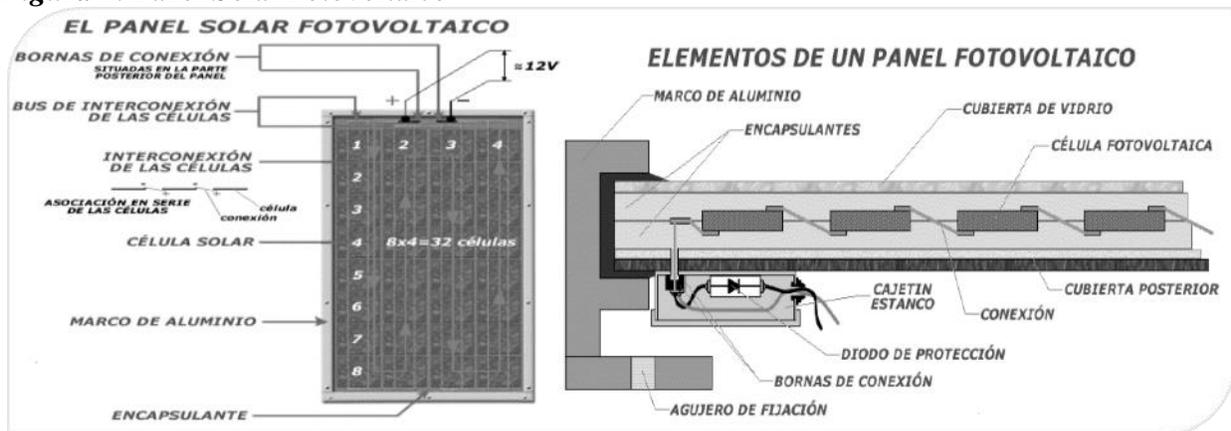
#### **4.4 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

La tecnología fotovoltaica busca convertir directamente la radiación solar en electricidad. Basada en el efecto fotoeléctrico, en el proceso emplea unos dispositivos denominados celdas fotovoltaicas, los cuales son semiconductores sensibles a la luz solar; de manera que cuando se expone a esta, se produce en la celda una circulación de corriente eléctrica entre sus dos caras. (Figura 7) (Ecotecnia, 2017)

Los componentes de un Sistema Fotovoltaico dependen del tipo de aplicación que se considera (conectada o no a la red) y de las características de la instalación. Una instalación fotovoltaica aislada está formada por los equipos destinados a producir, regular, acumular y transformar la Energía Eléctrica. Y que son los siguientes:

- **Panel fotovoltaico:** Un panel está constituido por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los Paneles Solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. Además, el panel cuenta con otros elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica (**Figura 7**). (Requena, 2009)

**Figura 7.** Panel Solar Fotovoltaico



Fuente: (Requena, 2009)

La incidencia de la radiación luminosa sobre la celda crea una diferencia de potencial y una corriente aprovechable.

Fabricadas a partir del silicio, las celdas fotovoltaicas cobraron auge a partir de los años 50, cuando comenzaron a ser utilizadas para el abastecimiento energético de los satélites. (Ecotecnia, 2017)

- **Placas fotovoltaicas:** Son un conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas entre sí, que generan electricidad en corriente continua (**Figura 8**). Para su mejor aprovechamiento se busca orientarlas (teniendo en cuenta la ubicación y latitud) con el fin de obtener un mayor rendimiento. (Secretaría de Energía de Argentina, 2016)

- **Regulador de carga:** Tiene por función proteger a la batería contra las sobrecargas y contra las descargas. Además, se emplea para proteger a las cargas en condiciones extremas de operación, y para proporcionar información al usuario. (Secretaría de Energía de Argentina, 2016)

**Figura 8.** Placas Fotovoltaicas



Fuente: (Ecocentro, 2013)

- **Baterías:** Son el almacén de la Energía Eléctrica generada. En este tipo de aplicaciones normalmente se utilizan baterías estacionarias, las que tienen como característica de operación más importante al ciclado; durante un ciclo diario, la batería se carga durante el día y se descarga durante la noche; sobrepuesto al ciclado diario hay un ciclo estacional, que está asociado a períodos de reducida disponibilidad de radiación. (Secretaría de Energía de Argentina, 2016)

En la batería de plomo y ácido sulfúrico con electrolito líquido, los dos electrodos están hechos de plomo y el electrolito es una solución de agua destilada y ácido sulfúrico. Cuando la batería está cargada, el electrodo positivo tiene un depósito de dióxido de plomo y el negativo de plomo. Al descargarse, la reacción química hace que la placa positiva como la negativa tengan un depósito de sulfato de plomo. (Gasquet, 2004)

El voltaje proporcionado por una batería de acumulación es de corriente continua. Para cargarla se necesita un generador de corriente continua, el que deberá ser conectado con la polaridad correcta: positivo del generador al positivo de batería y negativo del generador al negativo de batería. Para poder forzar una corriente de carga el voltaje deberá ser algo superior al de la batería. (Gasquet, 2004)

La corriente de carga provoca reacciones químicas en los electrodos, las que continúan mientras el generador sea capaz de mantener esa corriente, o el electrolito sea incapaz de mantener esas reacciones. El proceso es reversible. Si desconectamos el generador y conectamos una carga eléctrica a la batería, circulará una corriente a través de ésta en dirección opuesta a la de carga, provocando reacciones químicas en los electrodos que vuelven el sistema a su condición inicial. (Gasquet, 2004)

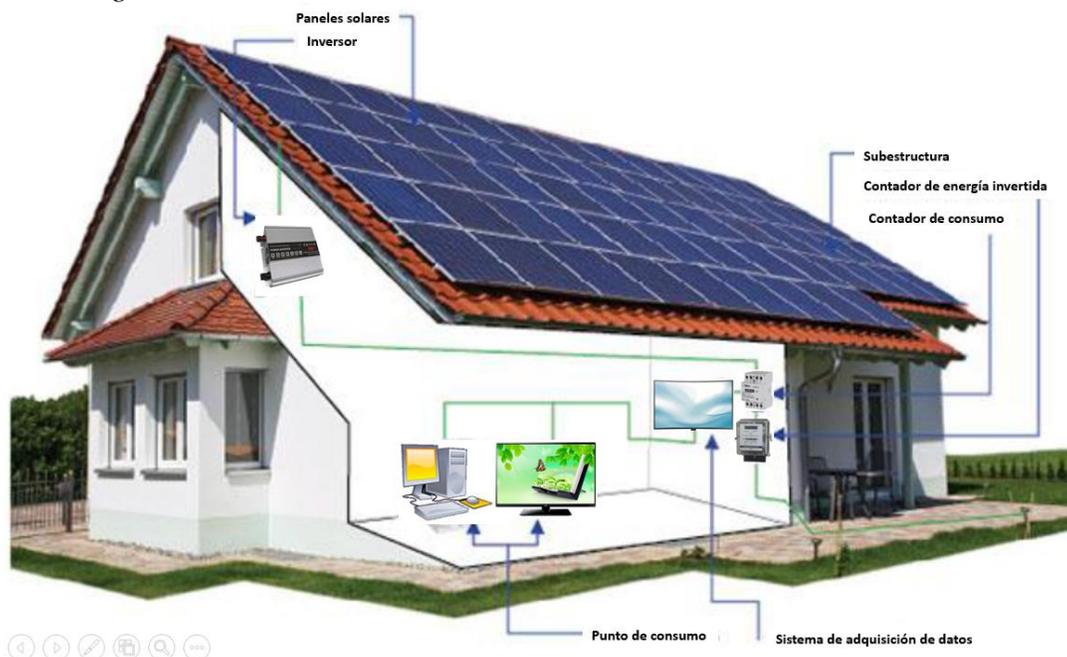
En principio el “ciclo” de carga-descarga puede ser repetido indefinidamente. En la práctica existen limitaciones para el máximo número de ellos, ya que los electrodos pierden parte del material con cada descarga. La diferencia funcional entre diferentes tipos de baterías obedece al uso de diferentes electrolitos y electrodos metálicos. Dentro de un mismo tipo de batería, la diferencia funcional es el resultado del método de fabricación. (Gasquet, 2004)

Tres características definen el comportamiento de una batería: Capacidad de descarga en Amperio hora (Ah), Profundidad de la descarga y la vida útil en ciclos. (Gasquet, 2004)

- **Ondulador o Inversor:** Transforma la corriente continua (de 12, 24 o 48 V) generada por las placas fotovoltaicas y acumulada en las baterías a corriente alterna (a 230 V y 50 Hz). (Secretaría de Energía de Argentina, 2016)

El dimensionamiento de una instalación aislada requiere disponer de información relativa al consumo previsto de Energía del lugar que se ha de electrificar y de la disponibilidad media de radiación solar a lo largo del año. Debido a los costos que actualmente maneja esta tecnología se recomienda el uso de aparatos de bajo consumo, el sobrecosto que estos a veces pueden tener se compensa por la reducción en el costo de la instalación fotovoltaica (**Figura 9**). (Secretaría de Energía de Argentina, 2016)

*Figura 9. Energía solar interconectada a la red eléctrica*



Fuente: (Heliosyst, 2016)

Con respecto, a los elementos de los sistemas conectados a la red, los módulos fotovoltaicos son los mismos que se emplean en instalaciones aisladas (**Ver Tabla 5**). Debido a que la Energía producida va directamente a la red, la diferencia fundamental de estas instalaciones radica en la ausencia de acumuladores y de regulador de carga. Respecto al tipo de ondulador empleado, normalmente se usan aparatos de mayor potencia que incluyen controladores de fase para adecuar la corriente alterna a la que circula por la red. (Secretaría de Energía de Argentina, 2016)

**Tabla 5.** Energía Eficiente Vs. Energía Ineficiente.

EFICIENTE		INEFICIENTE	
Aparato	Consumo (Wh/día)	Aparato	Consumo (Wh/día)
Lámpara fluorescente	150	Lámpara fluorescente	600
Lavarropas eficiente (programa de lavado con agua caliente)	300	Lavarropas eficiente (programa de lavado con agua caliente)	1800
Heladera eficiente	500	Heladera eficiente	1000
Diversos	340	Diversos	340

Fuente: (Secretaría de Energía de Argentina, 2016)

– **Regulador:** Los módulos fotovoltaicos tienen una tensión de salida superior a la tensión nominal de las baterías usadas en la instalación, ya que la tensión del panel debe ser más elevada para paliar la disminución que se puede producir debido al aumento de temperatura, y también porque la tensión del panel debe ser siempre mayor que la batería, para poder cargarla adecuadamente. (Requena, 2009)

Para un funcionamiento satisfactorio de la instalación, en la unión de los Paneles Solares con la batería se debe instalar un sistema de regulación de carga. El regulador tiene como misión fundamental impedir que la batería continúe recibiendo Energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. (Requena, 2009)

El regulador impide la entrada o salida de corriente de la batería cuando por una carga excesiva o una descarga excesiva pueda dañarla. Si la batería se sobrecarga, aumenta de temperatura y se puede producir una gasificación masiva. (Requena, 2009)

Las principales funciones de los reguladores son:

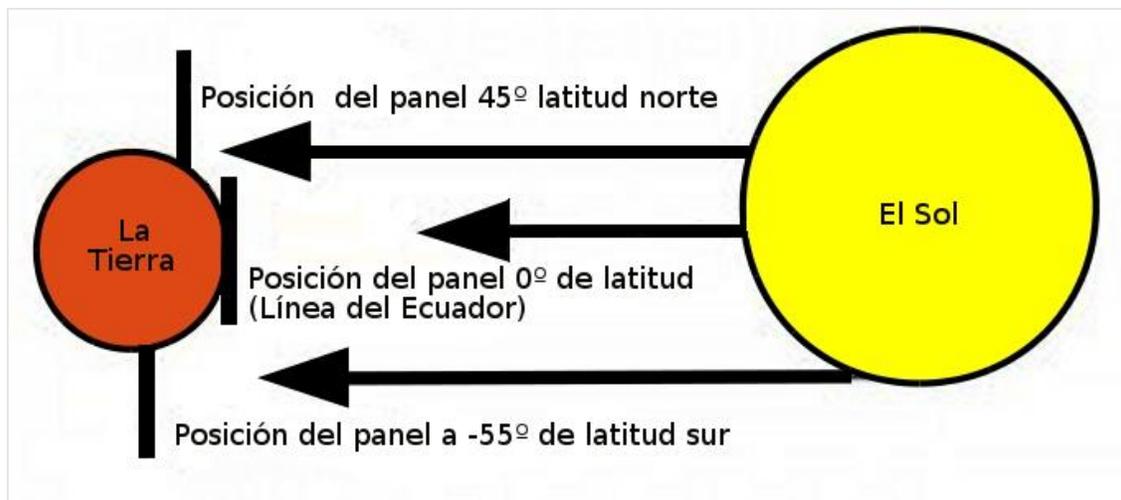
- Prevenir la sobrecarga de la batería. Limitar la Energía suministrada a la batería por el generador fotovoltaico cuando la batería está plenamente cargada.
- Prevenir la sobre descarga de la batería, Desconectar los consumos de la batería cuando el estado de carga de la batería es muy bajo.

- Proporcionar funciones de control de consumo. Conectar y desconectar automáticamente los consumos en el momento determinado.
- Proporcionar información del estado del sistema a los usuarios u operarios, mostrando o indicando información (voltaje, corriente de la batería, estado de carga, alarmas...).
- Servir como centro de cableado proporcionando un punto de conexión para otros componentes en el sistema, incluyendo el generador fotovoltaico, la batería y las cargas de consumo. (Requena, 2009)

#### 4.4.1 Orientación de los paneles solares

Tanto para Paneles Térmicos como para Fotovoltaicos, valen las mismas pautas de instalación con respecto a la orientación e inclinación. Se trata en ambos casos de captar la mayor cantidad de Energía Solar, procurando que los rayos solares incidan verticalmente y la mayor cantidad de tiempo posible. (CalefacciónSolar, 2014)

**Figura 10.** Posición de El Sol, La Tierra y los rayos solares con el eje de los polos terrestres sin desviación



Fuente: (CalefacciónSolar, 2014)

Los segmentos que aparecen sobre la superficie de la Tierra simbolizan Paneles Solares planos situados en distintas regiones del globo terráqueo. Elegir una inclinación igual a la latitud es una norma que se ha adoptado. La inclinación igual a la latitud es una posición promedio, entre la

óptima que correspondería al invierno (más cercana a la vertical) y la óptima correspondiente al verano (más cercana a la horizontal) (**Figura 10**). (CalefacciónSolar, 2014)

Con inclinación igual a la latitud aumenta el promedio de radiación captada a lo largo de todo un año. También, adoptar una inclinación igual a la latitud da como resultado una disminución en la cantidad de radiación captada durante el verano, época en la que la radiación es alta. Por el contrario, la inclinación igual a la latitud resulta en un aumento en la radiación captada durante el invierno, que es la época en la que la radiación es más baja. (CalefacciónSolar, 2014)

#### **4.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN COLOMBIA**

La intensidad de la radiación ultravioleta en el territorio nacional, se presenta a través de los promedios mensuales del máximo valor del índice ultravioleta (IUV) que se puede presentar durante el mediodía, con cielos despejados. (IDEAM, 2014)

##### **4.5.1 Análisis promedio anual**

Respecto al mapa anual, se observa que el comportamiento espacial de la radiación ultravioleta en el país (**Ver Anexo 4**), depende en un alto porcentaje del comportamiento que presente en la atmósfera el ozono total, el cual permite que llegue mayor o menor cantidad de radiación ultravioleta a la superficie del territorio nacional. Se presentan las menores intensidades del IUV en gran parte de la región Caribe y el norte de las regiones Pacífica y Orinoquia, con valores del IUV entre 9 y 10, catalogados como una exposición muy alta y peligrosa, de acuerdo con las especificaciones internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Los valores más altos del IUV se presentan en amplios Sectores de la Región Andina y el Sur de la Región Pacífica (**Ver Anexo 5**), especialmente en zonas de montaña de Antioquia, Santanderes, Boyacá, Cundinamarca, Eje Cafetero, Tolima, Huila, Valle del Cauca, Cauca, Nariño y Chocó, además en la Sierra Nevada de Santa Marta y el piedemonte Llanero, con valores del IUV entre 11 y 13, catalogados como una exposición extremadamente alta y peligrosa. (IDEAM, 2014)

#### 4.5.2 Análisis espacio temporal a lo largo del año

En el mapa (**Ver Anexo 6**), se presenta la distribución espacial y temporal de la radiación ultravioleta lo largo del año, y se observa lo siguiente: El comportamiento a lo largo del año de la radiación ultravioleta en el país, también depende del comportamiento que presente en la atmósfera el ozono total, el cual se caracteriza porque varía naturalmente a lo largo del año sobre el país y el mes de enero se caracteriza por presentar los valores más bajos, a partir de febrero se presenta un aumento gradual del ozono total sobre el territorio nacional hasta el mes de agosto que es cuando se presentan los máximos valores durante el año. A partir de septiembre empieza nuevamente la disminución del ozono total hasta el mínimo que se presenta en enero. Teniendo en cuenta lo anterior y debido a que al final y a principios del año la Tierra está más cerca al Sol y además predomina el tiempo seco en gran parte del país, se presenta las mayores intensidades del IUV desde mediados de diciembre hasta finales de febrero en gran parte del territorio nacional, especialmente en zonas de montaña de la región Andina y el sur de la región Pacífica, con intervalos del IUV entre 12 y 15. A partir de marzo se incrementa la cantidad de ozono total en el país hasta los meses de agosto y septiembre, meses en los cuales, el IUV es más bajo con intervalos entre 9 y 12. (IDEAM, 2014)

Como se aprecia en el mapa (**Ver Anexo 7**), durante todo el año el país está expuesto a altos valores del IUV, los cuales están catalogados como de riesgo, por lo que sugiere seguir las siguientes recomendaciones para la exposición saludable al Sol:

- Incremente el tiempo de estadía bajo la sombra. Esta es una de las principales defensas contra la radiación solar.
- Evite la exposición al Sol por periodos superiores a 15 minutos, especialmente entre las nueve de la mañana y las cuatro de la tarde.
- Protéjase de los rayos del Sol usando protectores solares de factores entre 30 y 50, camisa de manga larga, sombreros de ala ancha útiles para proteger los ojos, la cara y el cuello.
- Use también sombrilla. - Cuide sus ojos con lentes oscuros que tengan protector UV y un diseño envolvente o con Paneles Laterales. (IDEAM, 2014)

## 5. MARCO LEGAL

La forma como se produce Energía en el país está cambiando rápidamente; los combustibles fósiles fueron el motor del desarrollo del pasado, pero no podrán serlo en el futuro. Más del 60 % de las emisiones de gases efecto invernadero que causan el Cambio Climático vienen de la quema de combustibles fósiles - como el gas, el petróleo y el carbón - para la producción de Energía. Si no queremos causar un desajuste climático tenemos que emprender una transición hacia el uso de Energías Limpias, y hacerlo es posible. (Monsalve, 2016)

En Colombia hay mucho camino adelantado. Según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), la Energía Eléctrica es mayoritariamente limpia: 70 % hidráulica, 30 % térmica y 0,6 % son fuentes Energías Renovables no convencionales. Esto ha posicionado a Colombia como uno de los sistemas eléctricos ambientalmente más sostenibles del mundo, de acuerdo con el Energy Trilema Index 2015. (Monsalve, 2016)

Aunque se ha ganado poco terreno, Colombia ya dio el primer paso para impulsar Energías Renovables no convencionales: la Ley 1715 de 2014 busca diversificar la matriz eléctrica apuntándole a la inclusión de las renovables, pero no genera las condiciones necesarias para volverlas competitivas en el mercado. Es decir, se queda corta para impulsar una verdadera transición eléctrica. Según explica Alejandro Lucio, este marco tiene dos ideas claves para impulsar las tecnologías de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER): los incentivos tributarios a quienes deseen desarrollar estos proyectos y las ventas de excedentes para proyectos de autogeneración, quienes podrán ofrecerle Energía al sistema en caso de que les sobre. (Monsalve, 2016)

## 5.1 LEGISLACIÓN COLOMBIANA SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES

Actualmente, Colombia pasa por un cambio en la legislación sobre Energías Renovables, ya que, hasta mayo de 2014, solo aplicaba la *ley 697 de 2001*, en la cual se contemplaba el incentivo a la generación energética a base de recursos renovables y la eficiencia energética. Pero esta ley ya se encontraba muy desactualizada, ya que sólo se enfocaba en la promoción de proyectos a gran escala, ejecutados por grandes empresas eléctricas, a proyectos de electrificación de hogares en zonas de difícil acceso de menos de 250 vatios y no se contemplaba el apoyo al desarrollo de proyectos de autoconsumo para usuarios comunes (Santa García, 2014).

Lo anterior se veía reflejado en el hecho de que hasta el momento no existía una reglamentación que permitiera el autoconsumo e inyección de Energía excedente a la red, por lo cual, si alguna persona deseaba generar Energía Eléctrica a base de recursos renovables, se veía obligada a la inyección total de lo producido (Santa García, 2014). En este caso, la regulación que regía para la inyección de Energía a la red (*CREG 0086-1996*) era la misma que rige para todo tipo de generación eléctrica de menos de 20MW, sin darle ningún tratamiento especial a las Energías Renovables. (Portafolio, 2014)

A partir mayo de 2014, se ha decretado la nueva ley de Energías Renovables (*Ley de la república, 1715 de 2014*), por la cual se regula la integración de las Energías Renovables en el Sistema Energético Nacional. Estos avances en la normatividad y leyes del país, permiten además para las Zonas no Interconectadas soluciones híbridas, incluyendo el uso del Gas Licuado del Petróleo (GLP), de las fuentes locales en procesos energéticos y no únicamente eléctricos, y la transferencia tecnológica, para citar algunos. (Portafolio, 2014)

## 5.2 NORMATIVIDAD

En la **Tabla No. 6**, se relaciona la normatividad colombiana que contempla regulaciones en materia del uso e implementación de Energías Alternativas en el país:

**Tabla 6.** Normatividad y legislación en materia del uso e implementación de Energías Alternativas aplicables en Colombia.

<b>NORMA (No./ AÑO)</b>	<b>ASPECTOS REGULATORIOS</b>	<b>CAPÍTULOS / ARTÍCULOS PRINCIPALES</b>	<b>ÁMBITO DE APLICACIÓN</b>
<b>Decreto - Ley 2811 de 1974 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014)</b>	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Artículo 3 Artículo 167	Nacional
<b>Ley 99 de 1993 (Congreso de la República, 2000)</b>	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.	Artículo 1, Artículo 3 Artículo 5, numeral 33	Internacional / Nacional
<b>Ley 164 de 1994 (Corte Constitucional, 1994)</b>	Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992.	Artículo 12	Internacional / Nacional
<b>Código eléctrico colombiano. Norma Técnica Colombiana 2050. (ICONTEC, 1998)</b>	Herramienta fundamental para el Sector Eléctrico Nacional en general y para los profesionales que se desempeñan en esta área, ya que establece los requisitos que unos deben solicitar y otros deben aplicar, brindando transparencia en los procesos de contratación y calidad en la ejecución de los trabajos, todo enfocado al beneficio de los clientes	Artículos: 690-1 a 690-5, 690-7 a 690-9, 690-13 a 690-18, 690-31 a 690-34, 690- 41 a 690-47, 690-51 a 690- 52, 690-61 a 690-64, 690-71 a 690-74	Nacional

NORMA (No./ AÑO)	ASPECTOS REGULATORIOS	CAPÍTULOS / ARTÍCULOS PRINCIPALES	ÁMBITO DE APLICACIÓN
	y usuarios en todos los niveles.		
<b>Ley 629 de 2000 (Congreso de la República, 2000)</b>	Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997.		Internacional/Nacional
<b>Ley 697 de 2001 (Congreso de la República, 2001)</b>	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la Energía, se promueve la utilización de Energías Alternativas y se dictan otras disposiciones.	Artículo 1, Artículo 3, numerales 9 al 14	Nacional
<b>Ley 788 de 2002 (Congreso de Colombia, 2002)</b>	Por la cual se expiden normas en materia tributaria y penal del orden nacional y territorial; y se dictan otras disposiciones.		Nacional
<b>Decreto 3683 del 22 de diciembre de 2003 ( Ministerio de minas y Energía., 2003)</b>	Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial.		Nacional
<b>Ley 1083 de 2006 (Congreso de la República, 2000)</b>	Por medio de la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones.	Artículo 1	Nacional
<b>Decreto 2331 del 22 de junio de 2007. (Ministerio de Minas y Energía., 2007)</b>	Por el cual se establece una medida tendiente al uso racional y eficiente de Energía Eléctrica.		Nacional
<b>Decreto 895 del 28</b>	Por el cual se modifica y adiciona el		Nacional

NORMA (No./ AÑO)	ASPECTOS REGULATORIOS	CAPÍTULOS / ARTÍCULOS PRINCIPALES	ÁMBITO DE APLICACIÓN
<b>de marzo de 2008.</b> (Ministerio de Minas y Energía, 2008)	Decreto 2331 de 2007 sobre uso racional y eficiente de Energía Eléctrica.		
<b>Decreto 3450 del 12 de septiembre de 2008.</b> (Ministerio de Minas y Energía, 2008)	Por el cual se dictan medidas tendientes al uso racional y eficiente de la Energía Eléctrica.		Nacional
<b>Resolución 0606 del 28 de abril de 2008.</b> (Ministerio de Minas y Energía, 2008)	Por la cual se especifican los requisitos técnicos que deben tener las fuentes lumínicas de alta eficacia usadas en sedes de entidades públicas.		Nacional
<b>Resolución 181294 del 06 de agosto de 2008.</b> (Ministerio de Minas y Energía, 2008)	Por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE.		Nacional
<b>Conpes 3700 de 2011.</b> (CONPES, 2011)	Facilitar y fomentar la formulación e implementación de las políticas, planes, programas, incentivos, proyectos y metodologías en materia de Cambio Climático, logrando la inclusión de las variables climáticas como determinantes para el diseño y planificación de los proyectos de desarrollo, mediante la configuración de un esquema de articulación intersectorial.		Nacional

NORMA (No./ AÑO)	ASPECTOS REGULATORIOS	CAPÍTULOS / ARTÍCULOS PRINCIPALES	ÁMBITO DE APLICACIÓN
<b>Ley 1523</b> <b>(Congreso de la</b> <b>República, 2012)</b>	Por la cual se adopta la política nacional de Gestión del Riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.		Nacional
<b>Ley 1665 del 16 de julio de 2013</b> <b>(Congreso de la</b> <b>República, 2013)</b>	Por medio de la cual se aprueba el Estatuto de la agencia internacional de Energías Renovables (IRENA), hecho en Bonn, Alemania el 26 de enero de 2009.		Internacional
<b>Ley 1715 del 13 de mayo de 2014</b> <b>(Congreso de la</b> <b>República, 2014)</b>	Por medio de la cual se regula la integración de las Energías Renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.		Nacional
<b>Decreto 2469 de 2014. (Ministerio de Minas y Energía, 2014)</b>	Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración		Nacional
<b>Decreto 2492 de 2014. (Ministerio de Minas y Energía, 2014)</b>	Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda.		Nacional
<b>Decreto 1623 del 11 de agosto de 2015 ( Ministerio de Minas y Energía., 2015)</b>	Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de Energía Eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas.		Nacional

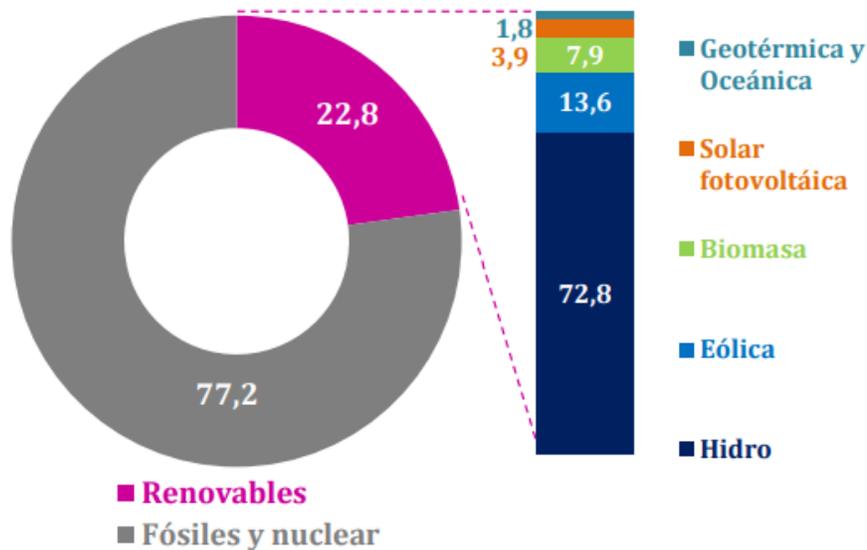
NORMA (No./ AÑO)	ASPECTOS REGULATORIOS	CAPÍTULOS / ARTÍCULOS PRINCIPALES	ÁMBITO DE APLICACIÓN
<b>PNGRD. Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. (UNGRD, 2016)</b>	Instrumento que define los objetivos, programas, acciones y responsables, mediante las cuales se ejecutan los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, en el marco de la política nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, la Ley 1523 y el SNGRD.	12, 13	Nacional
<b>Política nacional de Cambio Climático: documento para tomadores de decisiones. (MURILLO, 2017)</b>	Promover una gestión del Cambio Climático que contribuya a avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos asociados a las alteraciones por efectos del Cambio Climático.		Nacional
<b>Decreto 298 del 24 de febrero de 2016. (MADS, 2016)</b>	Por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA) y se dictan otras disposiciones.		Nacional
<b>Decreto 182 de 17 de abril de 2017 (Gobernación de Boyacá, 2017)</b>	Por medio del cual se crea el Comité Interinstitucional de Cambio Climático del Departamento de Boyacá		Departamental

Fuente: elaboración propia, basada en consulta

### 5.3 ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD EN TEMAS DE ENERGÍA RENOVABLE EN COLOMBIA

Según análisis realizado por la Cámara de Comercio de la ciudad de Cali (Cámara de Comercio de Cali, 2016), las fuentes renovables representaron 22,8% de la producción mundial de electricidad en 2014, 3,2 puntos porcentuales superior frente a 2013. (**Gráfico 1**)

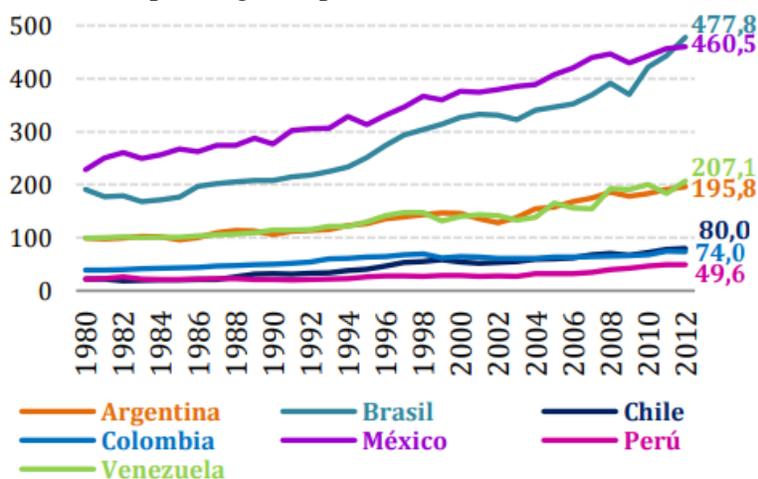
**Gráfico 1.** Participación (%) de las Energías Renovables en la producción mundial de electricidad - 2014



Fuente: (Cámara de Comercio de Cali, 2016)

Los países con mayor participación de Energías Renovables en su producción de electricidad en el año 2014, fueron Noruega (98,0%), Nueva Zelanda (79,0%) y Brasil (73,4%), países en los que el desarrollo de Energías Renovables está soportado en un marco regulatorio robusto, como una estrategia de sostenibilidad y competitividad nacional (**Gráfico 2**). En Colombia, existe una amplia legislación para el Sector Eléctrico y el reto de desarrollar un marco normativo que impulse el desarrollo de estas Energías (**Ver Tabla 7**). (Cámara de Comercio de Cali, 2016)

**Gráfico 2.** Emisiones de CO<sub>2</sub> para algunos países seleccionados (Mt CO<sub>2</sub>) 1980 – 2012



Fuente: (Cámara de Comercio de Cali, 2016)

**Tabla 7.** Institucionalidad Sector Eléctrico - Colombia

FUNCIÓN	ENTIDAD
<b>Dirección</b>	Presidencia de la República MINMINAS
<b>Política sectorial</b>	MINMINAS, DNP y MINHACIENDA
<b>Legislación</b>	Congreso de la República
<b>Planeación</b>	UPME y CAPT
<b>Regulación</b>	CREG
<b>Operación y mercado</b>	XM CND CNO ASIC CAC
<b>Prestación del servicio</b>	Empresas de Generación, transmisión, distribución y comercialización
<b>Control y vigilancia</b>	Superintendencia de Servicios Públicos

CAPT: Comité Asesor de la Transmisión CND: Centro Nacional de Despacho CNO: Consejo Nacional de Operaciones CAC: Comité Asesor de Comercialización ASIC: Administración del Sistema de Intercambios Comerciales. Fuente: (Cámara de Comercio de Cali, 2016)

La Ley de Servicios Públicos (Ley 142) y la Ley Eléctrica (Ley 143 de 1994), definieron los lineamientos generales para la prestación del servicio público domiciliario de Energía Eléctrica y el marco legal para el desarrollo de la regulación sectorial por parte de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (Cámara de Comercio de Cali, 2016)

Posteriormente, el País se adhirió al Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Ley 629 de 2000). El objetivo de este Protocolo era reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), por lo cual las Energías Renovables se convirtieron en una opción estratégica para Colombia (Congreso de la República, 2000)

Así mismo, la Ley 697 de 2001 declaró el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de conveniencia nacional. Además, creó el Programa Nacional de URE (PROURE), en el que se promueven la eficiencia energética y otras formas de Energías No Convencionales. (Congreso de la República, 2001)

La Ley 788 de 2002 estableció una exención al impuesto de renta sobre los ingresos derivados de la venta de Energía Eléctrica generada a partir de residuos agrícolas, fuentes eólicas y biomasa. Esta Ley exige el cumplimiento de 2 requisitos: tramitar certificados de emisión de CO<sub>2</sub> y, que al menos 50,0% de los recursos obtenidos por la venta de dichos certificados se inviertan en obras de beneficio social en la región donde opera el generador. (Congreso de Colombia, 2002)

En julio de 2013, el Congreso de la República de Colombia aprobó el estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés) (Ley 1665 de 2013), el cual promueve el uso sostenible de las Energías Renovables. (Corte Constitucional, 2013)

Posteriormente, en mayo de 2014 se aprobó la Ley 1715, que desarrolla una política pública con el objetivo de promover la eficiencia energética y la utilización de fuentes no convencionales de Energía Renovable (FNCER), en el Sistema Energético Nacional (SIN) y en las zonas no interconectadas (ZNI), reducir las emisiones de GEI y cumplir acuerdos internacionales. (Congreso de la República, 2014)

El 24 de febrero de 2016, por medio del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se logró la aprobación del decreto 298 por el cual se estableció la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA), con el fin de coordinar, articular, formulas, hacer seguimiento y evaluar las políticas, normas, estrategias, planes, programas,

proyectos, acciones y medidas en materia de adaptación al Cambio Climático y de mitigación de GEI. (MADS, 2016)

Finalmente, el 17 de abril de 2017, el Gobernador de Boyacá, Ingeniero Carlos Andrés Amaya, firmó el Decreto 182, por el cual se crea el Comité Interinstitucional de Cambio Climático (CICC) del Departamento de Boyacá. Éste tiene por objeto aunar y coordinar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros de entidades públicas y privadas, tendientes a deliberar y decidir en relación con la resiliencia al Cambio Climático, la reducción de emisiones de GEI y el Plan Departamental de Cambio Climático (Gobernación de Boyacá, 2017). Dentro de éstas medidas, está la implementación de proyectos de Energías Renovables en el Departamento, siendo el proyecto piloto de la Gobernación, la ejecución del presente Proyecto.

## 6. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Pregunta problema: *¿Cuál proyecto se puede implementar en el Departamento de Boyacá como alternativa para disminuir el consumo de Energía Convencional y así contribuir con la mitigación de Gases Efecto Invernadero (GEI)?*

El incremento exponencial de la población a nivel mundial en los últimos años, ha llevado a un aumento de la demanda energética, incrementando de manera alarmante el uso de combustibles fósiles, los cuales son una fuente de Energía No Renovable, que generan contaminantes químicos y físicos perjudiciales para la salud. Tanto las radiaciones electromagnéticas, como las sustancias como el arsénico, el plomo, el benceno o el uranio producen efectos nocivos en la salud del ser humano, que entra en contacto con ellas (Modi, 2006).

Estos combustibles fósiles son utilizados para producir Energía Térmica y Eléctrica, pero la combustión, la extracción, la elaboración y el transporte de dichos combustibles tienen una consecuencia directa en el efecto invernadero. Casi un 80% de las emisiones de dióxido de carbono provienen del consumo y de la transformación de los combustibles fósiles en Energía generando contaminantes químicos y físicos perjudiciales para la salud. Tanto las radiaciones electromagnéticas, como las sustancias como el arsénico, el plomo, el benceno o el uranio producen efectos nocivos en la salud del ser humano, que entra en contacto con ellas. (Inspiration, 2017)

En Boyacá y el país en general, el modelo de generación, transporte y consumo actual, dependiente de los combustibles fósiles, es insostenible como consecuencia del Cambio Climático. La producción y el uso de la Energía suponen la principal causa, junto con el transporte, de las emisiones de gases de efecto invernadero, gases responsables del Cambio Climático (La guía Solar, 2015). El CO<sub>2</sub> o dióxido de carbono es el mayor contaminante y

productor del efecto invernadero, el número máximo por partes por millón de esta sustancia es de 350 ppm, pero en este momento según estudios, estamos cerca de los 400 ppm. Ante esta contaminación, las comunidades más vulnerables, a causa de la combustión de estos materiales son los ancianos, las mujeres embarazadas y los niños. Estos últimos son los más afectados porque respiran más aire, beben más agua y su metabolismo es inmaduro para poder eliminar las sustancias nocivas para su salud. (Modi, 2006).

Algunos estudios demuestran que el impacto medioambiental de las Energías Renovables es 30 veces mayor al producido por las renovables; en menor o mayor grado, la extracción, producción, transporte y consumo de Energía afectan y alteran irreversiblemente las condiciones del ambiente, (América Fotovoltaica, 2017), como se evidencia en el Departamento de Boyacá, donde los impactos ambientales se presentan en factores como: La Contaminación atmosférica, debido a la combustión del petróleo, el carbón, el gas o la leña alteran la composición natural del aire produciendo a su vez lluvia ácida (gracias a la alteración de la composición de la lluvia) y el muy conocido efecto invernadero (producido por los gases derivados de la combustión, que a su vez se acumulan en la atmósfera). Alteración de ecosistemas, debido a la contaminación de la atmósfera, las condiciones de la tierra, el agua y en general la naturaleza se ven amenazadas por estos cambios en el ambiente. Agotamiento de los recursos naturales, este es uno de los efectos más nocivos de la producción masiva de Energía, debido a que esto pone en peligro la sostenibilidad de la naturaleza y la humanidad; estos recursos que tienen un ciclo de formación de millones de años, por lo que, al ritmo de consumo actual, terminarán agotándose o dejarán de ser, a medio plazo, económicamente rentables. (América Fotovoltaica, 2017)

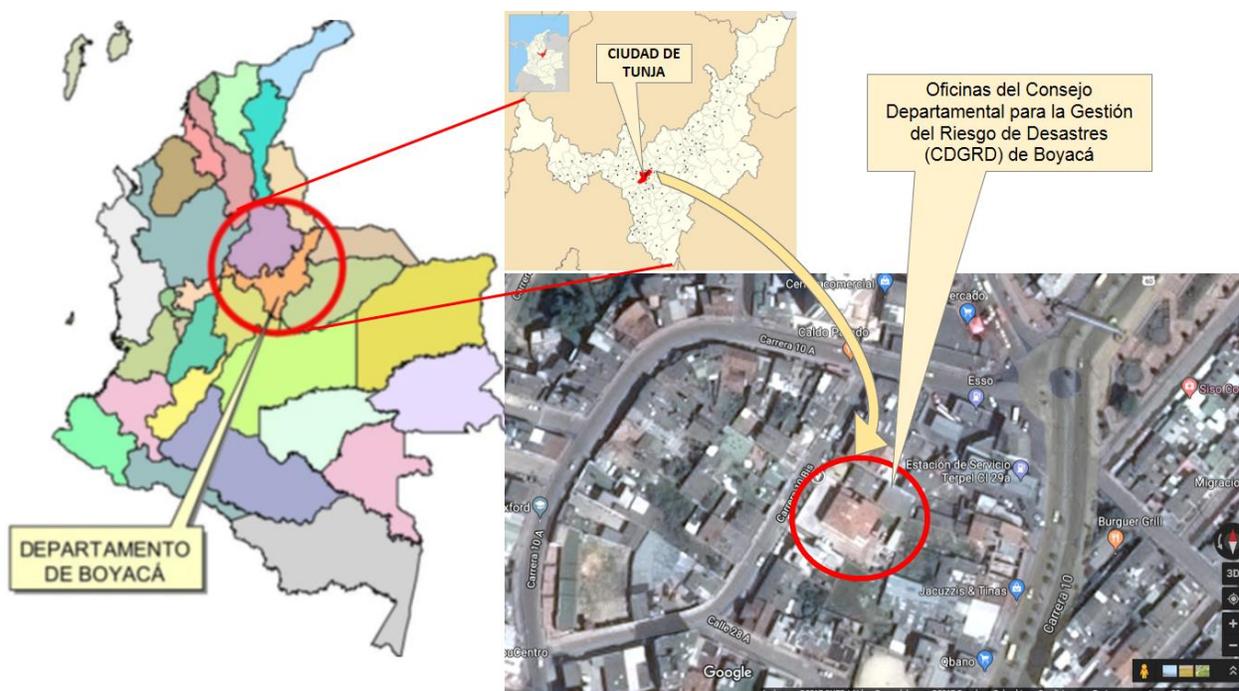
Como se puede observar, desde la forma en la que se explotan los yacimientos (de petróleo, carbón, gas) hasta el transporte y la distribución tanto del recurso como de la Energía, significan un impacto inminente en el medio ambiente, por lo que ver nacer soluciones como la Energía Alternativa se convierten en una oportunidad de cambiar el rumbo de la historia que traza el consumo excesivo de los recursos. (América Fotovoltaica, 2017)

## 7. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

### 7.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto se implementará en el municipio de Tunja en las oficinas del Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres (CDGRD) de Boyacá, ubicada en la transversal 11 No 28 A 64, con coordenadas 5°32'32.9"N 73°21'35.3"W (**Imágenes 3 y 4**)

**Imagen 3.** Ubicación del lugar a implementar el proyecto



Fuente: Elaboración propia con ayuda de la herramienta Google maps, mayo, 2017; Sistema de Información Geográfica Territorial (SIGTER), 2012 (Gobernación de Boyacá).

Esta oficina tiene como objetivo, servir de instrumento facilitador para priorizar, programar, ejecutar, hacer seguimiento y evaluar las acciones que las entidades públicas y privadas, y comunidad en general deben desarrollar, en el marco de los procesos de la Gestión del Riesgo, con el propósito de ofrecer protección a la población en el territorio boyacense, mejorar la

seguridad, el bienestar y la, calidad de vida y contribuir al desarrollo sostenible” del cual son responsables “todas las autoridades y habitantes del territorio colombiano”. (GRANADOS B., Juan Carlos, 2014)

## 7.2 METODOLOGÍA

A continuación, se realiza una explicación de la metodología empleada según objetivos trazados.

### 7.2.1 Clasificación del Proyecto

- **Tipo de proyecto: Aplicado:** Este permite el diseño de proyectos para una transferencia social de conocimiento que contribuya de manera innovadora a la solución de problemas focalizados; en el presente proyecto se busca innovar en el tema del uso de Energía Alternativa en la ciudad de Tunja, Departamento de Boyacá, más exactamente en las oficinas de Gestión del Riesgo del Departamento, buscando implementar un Sistema de Paneles Solares como proyecto piloto en la entidad.
  
- **Modalidad del Proyecto:** Este proyecto contribuye con:
  - **El Emprendimiento Empresarial:** Conceptualiza, estructura y aporta una iniciativa innovadora que contribuye a la socialización de problemas en el entorno empresarial del Departamento.
  - **Social y Ambiental:** El proyecto está diseñado a partir de la identificación de necesidades y problemas sociales y ambientales del Departamento, desde el punto de vista de los impactos que ocasiona el uso de energía convencional.

### 7.2.2 Fuentes de Información

- **Primarias:** Se establece de manera clara todo el contacto personal con objetos o procesos directamente relacionados con la investigación (BETANCUR, 2007). Dentro de éstas se emplearon las monografías y publicaciones periódicas, la literatura gris (tesis doctorales, actas de congresos, programas de ordenador), entre otras. (LOSANTOS V., 2011)

- **Secundarias:** Se establecen y seleccionan de manera clara todos los documentos, fotos, videos e información de Internet. Dentro de esta se usaron catálogos, internet y bibliografías, entre otras. (LOSANTOS V., 2011)
- **Otras fuentes:** también se empleó la observación y el análisis de diversidad de documentos

### 7.2.3 Recolección y Análisis de la Información

Para la formulación del proyecto, fue necesaria la recolección de información relacionada con:

- **Características de la zona:** Dentro de éstas se realizó investigación en fuentes de información primaria, secundaria y terciaria, donde se analizaron datos como la incidencia de la radiación solar y del viento en la ciudad de Tunja, con el fin de determinar si el lugar es apto para la implementación de los Paneles Solares.
- **Características y requerimientos del lugar a implementar el proyecto:** De acuerdo con la investigación y el análisis realizado en las diferentes fuentes de consulta, se determinó si lugar donde se busca implementar el proyecto es apto desde el punto de vista de ubicación, estructura de las instalaciones, requerimientos energéticos, entre otros; sin embargo, para mayor confiabilidad del análisis obtenido, se solicitó a la empresa Heliosyst S.A.S., su concepto técnico y la cotización de la instalación de todo el sistema para la generación de Energía Fotovoltaica, esta empresa se seleccionó por recomendación de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), quienes han contratado con ellos varios proyectos en diferentes partes del país.
- **Análisis de la Información:** Se buscaron los datos necesarios para el análisis y selección del Sistema de Energía Alternativa a implementar, se identificó cada una de las áreas de las instalaciones del CDGRD, para determinar el número de aparatos electrónicos y demás elementos que requieren de Energía para su funcionamiento, con el fin de realizar

los análisis de datos y poder definir tanto el Sistema Fotovoltaico más adecuado como el número de Paneles Solares a implementar.

- **Análisis de costos de la instalación del Sistema de Energía Fotovoltaica:** Se realizó el análisis de costos de implementación de todo el Sistema Fotovoltaico en la sede del CDGRD de Boyacá, frente al consumo de Energía Convencional.
- **Conclusiones y recomendaciones:** Son base en la investigación, análisis de información, procesamiento de datos, finalmente se dieron algunas conclusiones y recomendaciones para la implementación del proyecto de Energías Fotovoltaica.

### 7.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

A continuación, se presentan la población y muestra usadas para la formulación del presente proyecto, que se ubicará en la ciudad de Tunja, Boyacá.

#### 7.3.1 Descripción del Área de Estudio

El área donde se pretende implementar el proyecto piloto de Energías Alternativas, corresponde a las instalaciones de la Dirección de Gestión del Riesgo de Desastres de la Gobernación de Boyacá (**Imágenes 4 y 5**).

**Imagen 4.** Vista frontal del área de estudio (instalaciones de la Dirección de Gestión del Riesgo de Desastres de la Gobernación de Boyacá).



Fuente: Fotografía propia

**Imagen 5.** Vista posterior del área de estudio (instalaciones de la Dirección de Gestión del Riesgo de Desastres de la Gobernación de Boyacá).



Fuente: Fotografía propia

Adicionalmente, en la Tabla 8 se realiza una descripción de las áreas que componen dichas instalaciones, y se muestran los datos que permiten realizar los cálculos posteriores.

**Tabla 8.** Distribución física de las instalaciones de la Oficina de Gestión del Riesgo Departamental

DISTRIBUCIÓN		EQUIPOS DE COMPUTO (No.)	BOMBILLA AHORRAD. (No)	TV (No.)	PORTÁTIL	VIDEO BEAM (No.)	IMPRESORA (No.)	FOTOGRAFÍA
Oficina (2° Piso)	1	1	1	0			1	
Oficina (2° Piso)	2	1	1	0				
Oficina (2° Piso)	3	3	2	-	2			
Oficina (2° Piso)	4	2	1	-	1	-	1	
Oficina (2° Piso)	5	2	1	-				

DISTRIBUCIÓN		EQUIPOS DE COMPUTO (No.)	BOMBILLA AHORRAD. (No)	TV (No.)	PORTÁTIL	VIDEO BEAM (No.)	IMPRESORA (No.)	FOTOGRAFÍA
Oficina (2° Piso)	6	3	1	-	2	-	-	
Baño (2° Piso)	1	0	1	-				
Baño (2° Piso)	2	0	1	-				
Baño (2° Piso)	3	0	1	-				

DISTRIBUCIÓN	EQUIPOS DE COMPUTO (No.)	BOMBILLA AHORRAD. (No)	TV (No.)	PORTÁTIL	VIDEO BEAM (No.)	IMPRESORA (No.)	FOTOGRAFÍA
Baño (1.er Piso)	4	0	1	-			 
Sala de juntas (1.er Piso)	4	20	1	1		1	

DISTRIBUCIÓN	EQUIPOS DE COMPUTO (No.)	BOMBILLA AHORRAD. (No)	TV (No.)	PORTÁTIL	VIDEO BEAM (No.)	IMPRESORA (No.)	FOTOGRAFÍA
Pasillos (2° Piso)	2	5	1				

Fuente: Elaboración propia, 2017

## 7.4 ANÁLISIS TÉCNICO

En esta sección, se realiza una explicación de la obtención de los datos requeridos para el desarrollo del presente proyecto.

### 7.4.1 Obtención de Datos

Para la obtención de datos de consumo de Energía en las instalaciones de las oficinas, se realizó la toma de datos con base en las facturas mensuales del servicio de Energía y el contador, obteniendo los resultados que se muestran en la **Tabla 9**.

### 7.4.2 Procesamiento y Análisis de Datos

En la **Tabla 9** se relaciona el consumo energético de las Instalaciones del CDGRD de Boyacá, datos usados como base para los diferentes análisis del presente Estudio Técnico.

**Tabla 9.** Cuadro de consumo energético de las Instalaciones del CDGRD de Boyacá

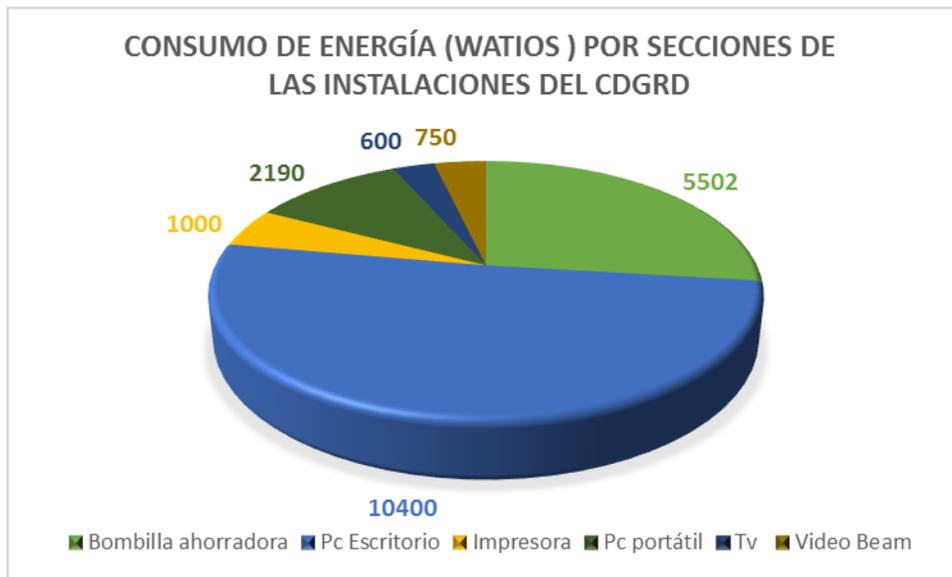
Ítem	Descripción de la carga	Volta je (V)	Poten cia (W)	Cantid ad	Ptotal W	Horas día	Horas noche	E día (W/h)	E noche (W/h)	E Total (W/h)
<b>Oficina 1 (2° Piso)</b>										
1	Bombilla ahorradora	110	30	1	30	1	2	30	60	90
2	Pc Escritorio	110	100	1	100	8	0	800	0	800
3	Impresora	110	250	1	250	2	0	500	0	500
<b>Oficina 2 (2° Piso)</b>										
4	Pc Escritorio	110	100	1	100	8	0	800	0	800
5	Bombilla Ahorradora	110	64	1	64	1	2	64	128	192
<b>Oficina 3 (2° Piso)</b>										
6	Pc Escritorio	110	100	3	300	8	0	2400	0	2400
7	Bombilla ahorradora	110	30	2	60	1	2	60	120	180
8	Pc portátil	110	80	2	160	2	0	320	0	320
<b>Oficina 4 (2° Piso)</b>										
9	Bombilla ahorradora	110	30	1	30	1	2	30	60	90
10	Pc Escritorio	110	100	2	200	8	0	1600	0	1600
11	Pc portátil	110	80	1	80	2	0	160	0	160
12	Impresora	110	250	1	250	2	0	500	0	500
<b>Oficina 5 (2° Piso)</b>										
13	Pc Escritorio	110	100	2	100	8	0	800	0	800

Ítem	Descripción de la carga	Volta je (V)	Poten cia (W)	Cantid ad	Ptotal W	Horas día	Horas noche	E día (W/h)	E noche (W/h)	E Total (W/h)
14	Bombilla ahorradora	110	30	1	30	1	2	30	60	90
<b>Oficina 6 (2° Piso)</b>										
15	Pc Escritorio	110	100	3	300	8	0	2400	0	2400
16	Bombilla Ahorradora	110	30	1	30	1	2	30	60	90
17	Pc portátil	110	80	2	160	2	0	320	0	320
<b>Baños (1.er y 2° Piso)</b>										
18	Bombilla ahorradora	110	30	4	120	1	2	120	240	360
19	Toma Corriente	110	120	4	480	2	0	960	0	960
<b>Sala de Juntas (1.er Piso)</b>										
20	Bombilla ahorradora	110	30	20	750	1	3	750	2250	3000
21	Pc portátil	110	80	4	320	2	0	640	0	640
22	Tv 1	110	100	3	300	2	0	600	0	600
23	Video Beam	110	250	1	250	2	1	500	250	750
24	Greca	110	500	1	500	1	0,5	500	250	750
<b>Pasillos (2° Piso)</b>										
25	Bombilla ahorradora	110	30	5	150	1	2	150	300	450
26	Pc Escritorio	110	100	2	200	8	0	1600	0	1600
<b>TOTAL</b>					<b>5.314</b>			<b>16.664</b>	<b>3.778</b>	<b>20.442</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Con base en la **Tabla 9**, y teniendo en cuenta los datos identificados en las instalaciones del CDGRD de Boyacá, se observa que sobre los consumos energéticos que allí se dan, el 42,2% corresponde a las oficinas, el 39,90% a la sala de juntas, el 11,30% a los baños y el 6,6% a los pasillos; como se puede apreciar el mayor consumo de Energía corresponde a las oficinas, seguido por la sala de juntas, en donde se ubican la mayor cantidad de equipos de consumo energético, en comparación con las demás áreas de las instalaciones (**Gráfico 3**).

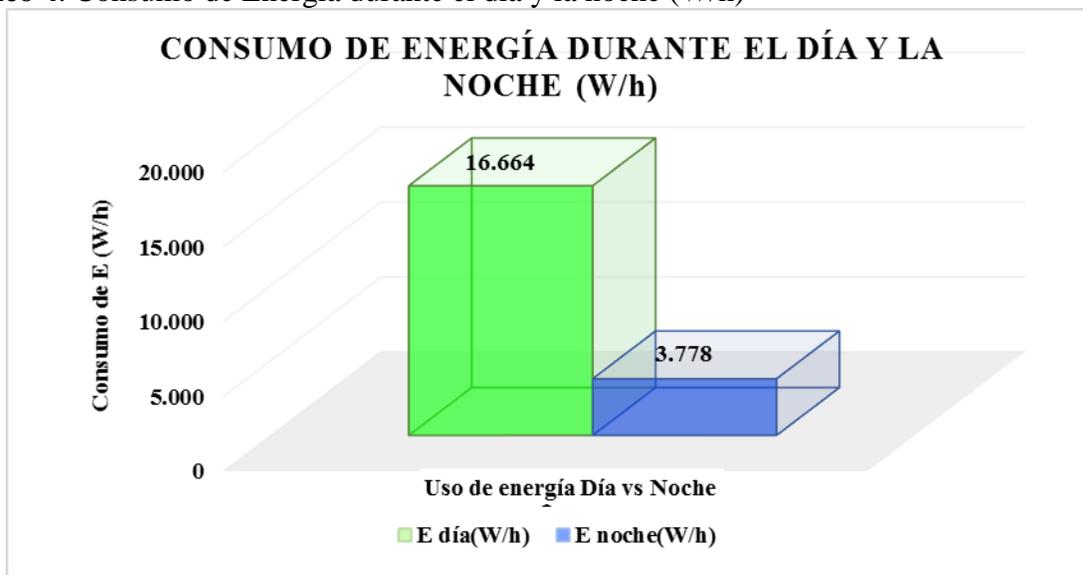
**Gráfico 3.** Consumo de Energía por secciones de las instalaciones



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Por otro lado, con base en los datos analizados respecto al consumo de Energía, se observa que este es mayor en las horas del día, durante las cuales se obtiene un valor de 16.664 Wattios, frente al consumo de Energía en las horas de la noche, con 3.778 Wattios; obteniéndose una diferencia en el consumo energético de 12.886 Wattios. (Gráfica 4)

**Gráfico 4.** Consumo de Energía durante el día y la noche (W/h)



Fuente: Elaboración propia.

## 7.5 ANÁLISIS DE DATOS

En la presente sección, se lleva a cabo el análisis de datos requeridos para el desarrollo del presente proyecto, identificando finalmente, el número de Paneles Solares que se necesitan para el área establecida, la distancia entre estos, estudio de sombras, requerimiento de Energía a obtener mediante los paneles, entre otros datos que permiten obtener un resultado satisfactorio.

### 7.5.1 Distancia entre Paneles Solares

La distancia mínima entre Paneles Solares se halla con el fin de evitar que una fila de placas solares proyecte sombras sobre las que están detrás. Esto se produce cuando la inclinación de placas posee una inclinación distinta a la de la superficie donde van a ir instaladas. Por esto, es importante calcular una distancia mínima que nos permita aprovechar al máximo la superficie disponible y al mismo tiempo evitar la proyección de sombras entre filas (Ingelibre, 2014)

Para hallar la distancia entre Paneles Solares, para el proyecto se requieren los datos presentados en la **Tabla 10, Figura 11**.

**Tabla 10.** Datos requeridos para hallar la distancia mínima ( $d_{\min}$  (m)) entre Paneles Solares

DATO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
<b>Declinación (<math>\delta</math>)</b>	Declinación solar mínima del año, en la que la Radiación Solar incide menor ángulo sobre la superficie de la tierra.	Grados ( $^{\circ}$ )	-23,45
<b>Latitud</b>	Latitud del sitio a implementar paneles	Grados ( $^{\circ}$ )	38
<b><math>h = 90-38-(-23,45)</math></b>	Altura de la placa respecto a la horizontal	Grados ( $^{\circ}$ )	28,55
<b>Inclinación paneles (<math>\beta</math>)</b>		Grados ( $^{\circ}$ )	18
<b>Longitud del panel (L(m))</b>	Longitud en metros de cada Panel Solar	m	1,50
<b>Tamaño de cada Panel Solar</b>		m	1.50 X 0,90
<b><math>d_{\min}</math> (m)</b>	Distancia mínima ( $d_{\min}$ (m)) entre Paneles Solares	m	2,28

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de las Instalaciones del CDGRD

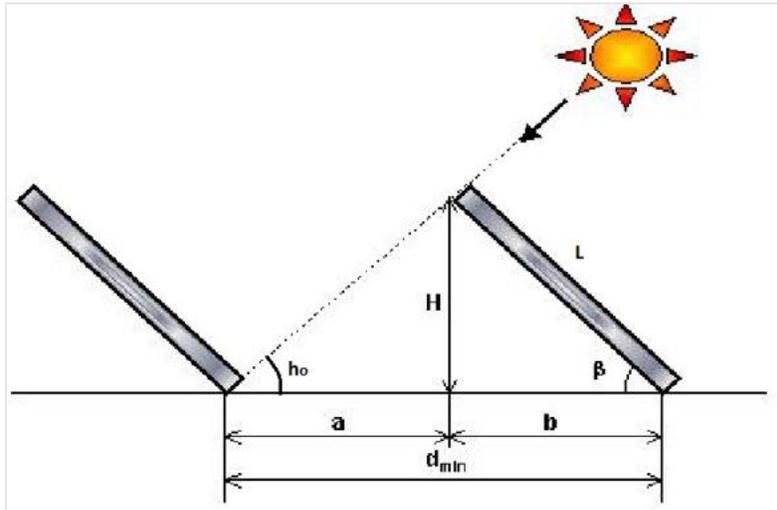
Desarrollando la fórmula (Ingelibre, 2014) para hallar la distancia mínima entre paneles, se obtiene:

$$d = l \left( \frac{\text{sen}(h + \beta)}{\text{sen } h} \right)$$

$$d = 1,5 \left( \frac{\text{sen}(28,55 + 18)}{\text{sen } 28,55} \right)$$

$$\underline{d = 2,28m}$$

**Figura 11.** Distancia mínima entre Paneles Solares



Fuente: (Ingelibre, 2014)

### 7.5.2 Orientación de los Paneles Solares

De acuerdo a la literatura, y como lo expresa Ingelibre, 2014, los Paneles Solares ubicados en el hemisferio sur, deben estar dirigidos hacia el Norte (Ingelibre, 2014), por lo tanto, la orientación adecuada de los paneles a instalar en el CDGRD, será de esta manera, teniendo en cuenta, que no hay edificaciones u obstáculos que interfieran en esta ubicación.

### 7.5.3 Análisis de las sombras en los Paneles Solares

Como se observa en las **Imágenes 4 y 5**, las instalaciones de las oficinas de Gestión del Riesgo Departamental, no poseen instalaciones cercanas que proyecten sombras sobre el techo de la construcción en el cual se van a instalar los Paneles Solares, es decir que, el efecto sobre la generación de Energía Eléctrica de los Paneles Solares no va a variar, evitando también la variación del número de paneles y de la distribución de éstas en el interconexión del módulo.

(SunFields, 2017). Es de aclarar, que se tienen en cuenta los análisis realizados en el numeral 7.5.1, donde se determinó la distancia entre paneles.

#### 7.5.4 Cantidad de Watios que se requieren suplir al mes con los Paneles Solares

Con base en los cálculos realizados, y siguiendo la fórmula mostrada en Ecotecnia, 2017, se determinan los Watios que se requieren al mes para suplir el consumo de Energía en el CDGRD, como se muestra en la **Tabla 11**.

**Tabla 11.** Watios que se requieren suplir al mes con los Paneles Solares

CÁLCULOS	INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS
$\frac{20.442 \text{ Watios} * 55\%}{100} = 11.243 \text{ Watios/mes}$	Se obtiene, que la Energía a suplir con los Paneles Solares es de 11.243 Watios al mes.
$\frac{11.243 \text{ Watios}}{30} = 375 \text{ Watios/día}$	Se realiza la conversión para determinar el requerimiento por día.

Fuente: Elaboración propia

#### 7.5.5 Número de Paneles Solares que se requiere instalar

El número de Paneles Solares requeridos para suplir el 55% de Energía consumida en las instalaciones del CDGRD, se puede determinar una vez obtenidos los datos de las **Tablas 6 y 10**, y conociendo los datos relacionados en la **Tabla 12** (Ecotecnia, 2017).

**Tabla 12.** Datos requeridos para obtener el número de paneles a instalar en las oficinas.

ÍTEM	UNIDAD	VALOR
Consumo promedio de Energía/mes	Watios	20.442
Porcentaje de Energía que se desea producir con los paneles	%	55 (*)
Cantidad de horas Luz/día	luz/día	8hr
Radiación que recibe la ciudad de Tunja al día (**)	kWh/m <sup>2</sup>	4,75kW/h

<b>Cantidad de Energía que puede producir el Panel solar/día</b>	Watios	80
<b>Piso térmico</b>	m.s.n.m	2.810 (mayor a 1.000msnm)

(\*) Se usa este valor teniendo en cuenta que el sistema a implementar es un Sistema Mixto, conectado a la red eléctrica.

(\*\*) Dato tomado del Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia (IDEAM, 2014) (Ver Anexo 8)

En la **Tabla 13**, se muestran los cálculos realizados para determinar el número de Paneles Solares que se requieren instalar en el CDGRD, con base en la fórmula Ecotecnia, 2017.

**Tabla 13.** Número de Paneles Solares que se requiere instalar

CÁLCULOS	INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS
$\frac{11400kW/h}{8h} = 1425kW$	Con base en el promedio diario de consumo de Energía, el cual según cálculos es de 11.40KW/h, este se multiplica por 1.000 y el resultado se divide en el número de horas luz del día.
$\frac{1425kW}{80} = 18 \text{ Paneles Solares}$	Teniendo en cuenta los Watios que genera cada Panel Solar, que en este caso es de 80W, se realiza la división para finalmente obtener el número de paneles que se requieren en las instalaciones de las oficinas

Fuente: elaboración propia

### 7.5.6 Cantidad de kWh que se puede generar con los Paneles Solares.

Los cálculos requeridos para determinar la cantidad de kWh se muestran en la **Tabla 14**

**Tabla 14.** Cantidad de W/h que se puede generar con los Paneles Solares

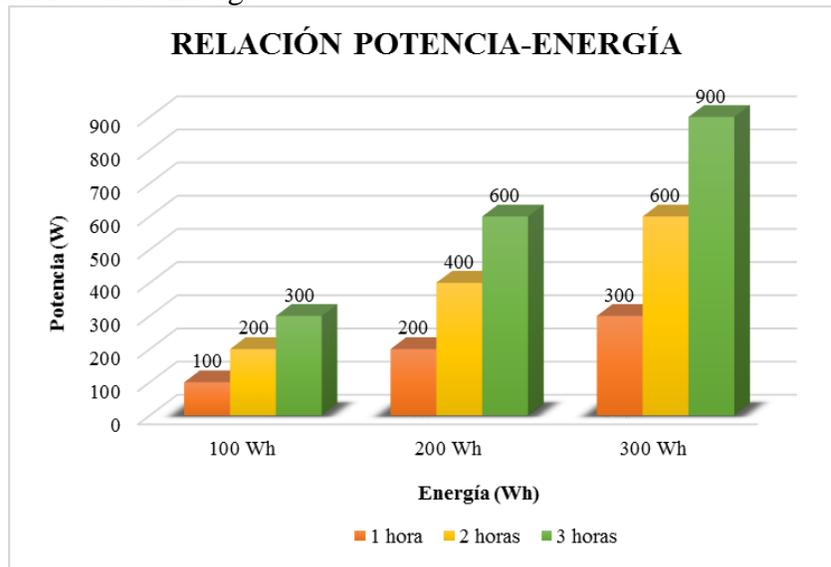
CÁLCULOS	INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS
$4750Wh \times 80W = 380.000Wh$	Se multiplica la Radiación de la ciudad de Tunja, por la Potencia del Panel Solar.
$\frac{1380000W}{1000} = 11400kW/h$	Dicho resultado se divide en 1000W, para obtener el porcentaje de la demanda de electricidad que se puede cubrir al instalar un Panel Solar con potencia de 80W

Fuente: Elaboración propia

Para poder comprender mejor la relación Potencia-Energía en el tema de los Paneles Solares, se debe tener en cuenta la siguiente información:

- ✓ La potencia es la cantidad de Energía entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado, cuya unidad es el Watos, para el presente estudio se tuvo en cuenta paneles de 80W, es decir cuya potencia llega o Energía que va a necesitar en un determinado momento es de 80 Watos.
- ✓ La Energía es la cantidad de potencia usada por determinado tiempo, cuya unidad es el Watio hora (Wh)
- ✓ La relación Potencia-Energía, se muestra en el **Gráfico 5**

**Gráfico 5.** Relación Potencia-Energía



Fuente: elaboración propia

### 7.5.7 Emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la Energía Fotovoltaica Vs. la Energía Convencional en las instalaciones del CDGRD.

Teniendo en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen en la generación de Energía, se estimó la cantidad de emisiones producidas tanto por la Energía Fotovoltaica, como por la Energía Convencional, obteniendo el siguiente resultado, como se observa en la **Tabla 15**.

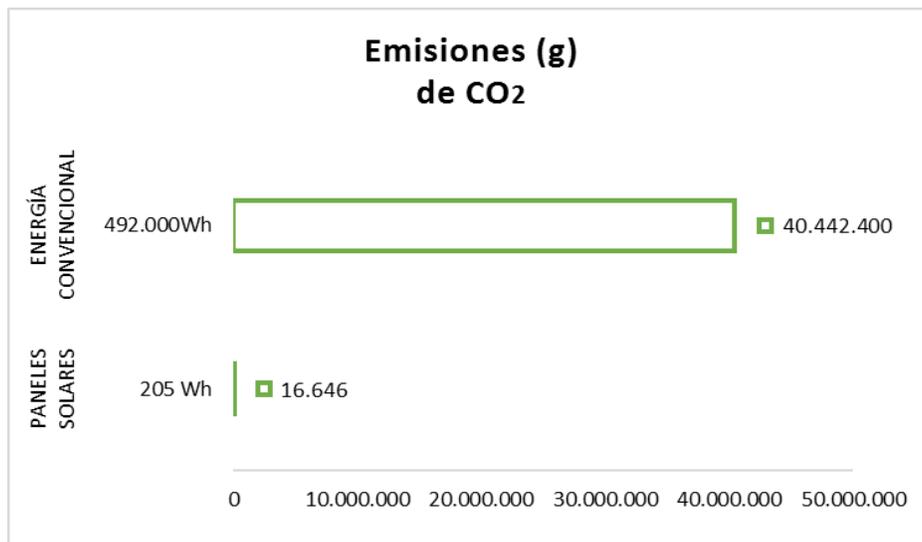
**Tabla 15.** Emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la Energía Fotovoltaica y la Energía Convencional en las instalaciones del CDGRD.

	<b>ENERGÍA REQUERIDA / MES</b>	<b>EMISIONES (g) DE CO<sub>2</sub></b>
<b>PANELES SOLARES</b>	205 Wh	16.646 Wh
<b>ENERGÍA CONVENCIONAL</b>	492 kWh = 492 kWh *1.000 = 492.000Wh	40.442.400 Wh

Fuente: elaboración propia

De la Tabla anterior, se puede apreciar que la Energía Convencional genera 40.442.400g de CO<sub>2</sub> mientras que la Energía obtenida por los Paneles Solares genera 16.646 g de CO<sub>2</sub>, siendo la diferencia de 40.425.549 g de CO<sub>2</sub>, lo que corresponde a un 99.95% de reducción de CO<sub>2</sub> en el CDGRD (**Ver Gráfico 6**).

**Gráfico 6.** Emisiones de g de CO<sub>2</sub> del Sistema de Energía Tradicional frente al Sistema Fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de los análisis

## 7.6 ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

A continuación, se realiza un análisis económico y financiero mostrando los costos del proyecto, el tiempo de recuperación de los recursos invertidos, entre otros datos, que nos permiten concluir si el proyecto es o no viable.

### 7.6.1 Análisis Económico

Una vez realizado el análisis técnico y determinar que el requerimiento de Paneles Solares para la oficina de Gestión del Riesgo de Boyacá es de 18, se procedió a realizar el análisis económico y financiero, teniendo en cuenta el tipo de Sistema Fotovoltaico más adecuado a implementar en las instalaciones, según el estudio realizado.

Con el fin de tener costos y valores fehacientes, se realizó la cotización de la implementación del Sistema de Energía Fotovoltaica; para esto se hizo la solicitud de diferentes cotizaciones a las empresas Heliosyst S.A.S. (**Ver Anexo 9**) recomendada por profesionales de la Unidad Nacional Para la Gestión del Riesgo de Desastres, quienes han desarrollado proyectos de éste tipo en diferentes partes del país; y a la empresa Iluminación.Co S.A.S (**Ver Anexo 10**), una vez realizado el análisis de las dos cotizaciones, se determinó que cumple con las condiciones requeridas y con el valor más apropiado la empresa Heliosyst S.A.S., por lo que se contactó con sus Directivos, quienes atendiendo a la solicitud, envió a las instalaciones del CDGRD al Ingeniero Mauricio Hincapie, director de ventas en ese momento, quien dio un concepto técnico, aclaró dudas y posteriormente entregó la cotización tanto general, como el Análisis de Precios Unitarios (APU), en el cual se desglosa detalladamente el costo de cada fase tanto de compra como de instalación, como se observa en los **Anexos 10 y 11**.

A continuación, en la **Tabla 16** se enuncian de manera general los costos y el valor general obtenidos para la implementación del proyecto:

**Tabla 16.** Costos del proyecto por fase de compra e implementación.

FASE	ÍTEM	VALOR (\$)
Conjunto de módulos solares fotovoltaicos conectados eléctricamente. Capacidad instalada 3120WP 19,6m <sup>2</sup> (12X1)	Equipo	11.238,00
	Materiales	27.109.233,00
	Mano de obra	869.565,00
	<b>Subtotal</b>	<b>27.990.036,000</b>
Inversor de interconexión monofásico 3.1Kva con adaptador WiFi	Equipo	18.403,00
	Materiales	12.567.000,00
	Mano de obra	290.000,00
	<b>Subtotal</b>	<b>12.875.403,00</b>
Estructura galvanizada para campo abierto para módulos solares, 3m de altura, fabricada bajo norma sismo resistente con acero estructural galvanizado en caliente, incluye excavación para cimiento y cimiento en concreto	Equipo	27.949,00
	Materiales	7.594.162,00
	Mano de obra	923.077,00
	<b>Subtotal</b>	<b>8.545.188,00</b>
Cable solar 4 mm <sup>2</sup> resistente a los rayos UV	Equipo	724,00
	Materiales	3.025,00
	Mano de obra	1.724,00
	<b>Subtotal</b>	<b>5.473,00</b>
Conector para cable solar tipo Mc4	Equipo	166,00
	Materiales	7.534,00
	Mano de obra	2.500
	<b>Subtotal</b>	<b>10.200,00</b>
Elementos menores de instalación. (Interconexión de sistema solar a red eléctrica de la propiedad incluye cableado, canalizaciones, protecciones, etc.)	Equipo	429,00
	Materiales	3.689.000,00
	Mano de obra	272.000,00
	<b>Subtotal</b>	<b>4.414.429,00</b>
Transporte de equipos y personal de montaje hasta la ciudad de Tunja-Boyacá	Equipo	3.978,00
	Materiales	6.630.000,00
	<b>Subtotal</b>	<b>6.633.978,00</b>
Instalación y puesta en marcha del sistema propuesto	Equipo	13.754,00
	Materiales	3.262.800,00
	Mano de obra	2.400.000,00
	<b>Subtotal</b>	<b>5.676.554,00</b>
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>\$66.151.216,00</b>

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Empresa Heliosyst S.A.S.

## 7.6.2 Análisis Económico para la elaboración del Proyecto

Se realizó el Análisis Económico para determinar las inversiones, los costos y gastos requeridos dentro de la elaboración del Proyecto, como se muestra a continuación.

### 7.6.2.1 Inversión

Para la formulación de este proyecto es necesario realizar una inversión inicial de \$1.850.000 en activos. Los cuales se muestran en la **Tabla 17**.

**Tabla 17.** Inversión requerida para la elaboración del proyecto

<b>INVERSIÓN (Tangibles)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR (\$) UNIDAD</b>	<b>VALOR TOTAL (\$)</b>
<b>Computador</b>	Unidad	1	1.500.000	1.500.000
<b>Impresora</b>	Unidad	1	350.000	350.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$1.850.000</b>

Fuente: Elaboración propia

### 7.6.2.2 Gastos

La elaboración del proyecto generó gastos que se muestran en la **Tabla 18**

**Tabla 18.** Gastos requeridos para la elaboración del proyecto

<b>GASTOS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR (\$) UNIDAD</b>	<b>VALOR TOTAL (\$)</b>
<b>Fotocopias</b>	Unidad	200	50	10.000
<b>Papel carta</b>	Resma	2	10.000	20.000
<b>Factura Celular</b>	Unidad	10	10.000	100.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$130.000</b>

Fuente: Elaboración propia

### 7.6.2.3 Costos

Dentro de los costos que implica la elaboración del Proyecto, se tienen los mostrados en la **Tabla 19**, los cuales tienen un valor de \$765.000.

**Tabla 19.** Costos que se requieren para la elaboración del proyecto

<b>COSTOS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR (\$) UNIDAD</b>	<b>VALOR TOTAL (\$)</b>
<b>Viajes a Bogotá</b>	Unidad	4	100.000	400.000
<b>Transporte</b>	Unidad	30	1.500	45.000
<b>Servicios públicos</b>	Unidad	3	100.000	300.000
<b>Tinta impresora</b>	Unidad	2	10.000	20.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$765.000</b>

Fuente: Elaboración propia

### 7.6.2.4 Resultados económicos de la elaboración del Proyecto

Con base en los resultados obtenidos del estudio económico, se obtiene un valor total entre Inversión, Gastos y Costos, de \$2.745.000, como se muestra en la **Tabla 20**.

**Tabla 20.** Resultados económicos de la elaboración del Proyecto

<b>INVERSIÓN</b>	<b>\$1.850.000</b>
<b>GASTOS</b>	\$130.000
<b>COSTOS</b>	\$765.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$2.745.000</b>

Fuente: Elaboración propia

### 7.6.3 Análisis Financiero

Para la evaluación financiera del presente proyecto, se tuvo en cuenta el método Valor Presente Neto (VPN), el cual nos da un resultado positivo o negativo frente a la viabilidad o no de la implementación del proyecto.

En general, la implementación del proyecto, que incluye equipos, materiales y mano de obra, tiene un valor de \$66.151.216,00 (**Ver Tabla 21**); el cual se va a financiar con recursos propios del Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres de Boyacá.

Con el fin de conocer la efectividad en términos financieros, de la implementación del Sistema Fotovoltaico en las oficinas del CDGRD de Boyacá, se realiza el análisis de la **Tabla 22**, **Gráfico 7**.

**Tabla 21.** Cálculo para hallar el valor mensual aproximado de Energía

ÍTEM	VALOR	UNIDAD	CALCULO
Valor promedio de consumo al mes en el CDGRD ( <b>Ver Tabla 18, Gráfico 7</b> )	497	kWh/mes	<b>Valor mensual aproximado de Energía:</b> 497kW/mes x \$509,2038 = <b>\$253.074,28/mes</b>
Valor por kWh	\$509,20	kWh	

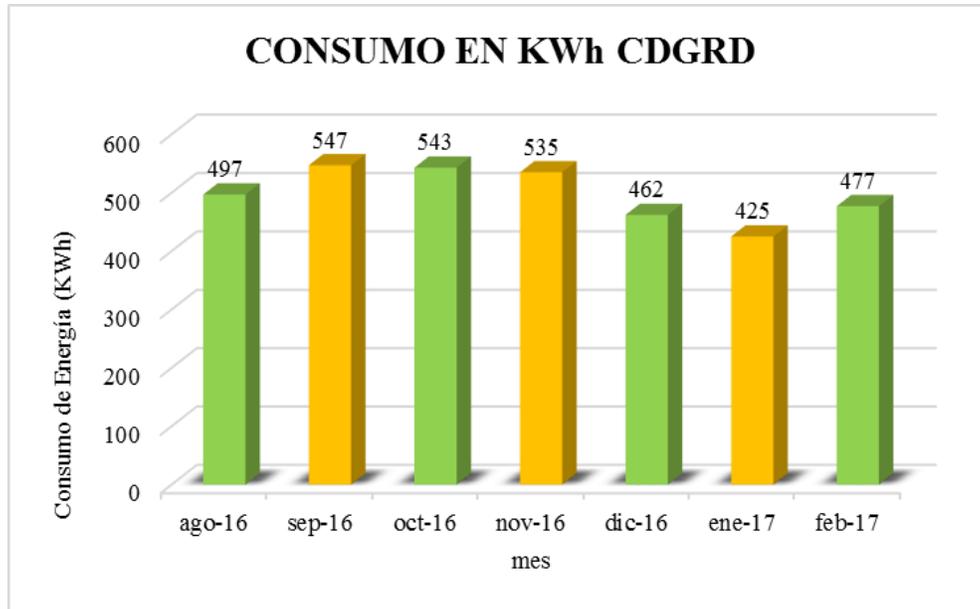
Fuente: elaboración propia con datos tomados del recibo de Energía de varios meses consecutivos del CDGRD

**Tabla 22.** Historial de consumo de Energía en kWh en las instalaciones del CDGRD de Boyacá

FECHA	CONSUMO EN kWh
<b>02/2017</b>	477
<b>01/2017</b>	425
<b>12/2016</b>	462
<b>11/2016</b>	535
<b>10/2016</b>	543
<b>09/2016</b>	547
<b>08/2016</b>	497
<b>TOTAL</b>	<b>3486</b>
<b>PROMEDIO MES</b>	<b>498</b>

Fuente: elaboración propia con datos tomados del recibo de Energía de varios meses consecutivos del CDGRD

**Gráfico 7.** Consumo de Energía en kWh en las instalaciones del CDGRD de Boyacá



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de las facturas de Energía

**Tabla 23.** Análisis Financiero en costos de ahorro en las facturas de Energía

Realizando el análisis correspondiente, teniendo en cuenta que un Panel Solar genera 11,40Wh, y se instalarán 18 paneles, de acuerdo a los análisis realizados en el Estudio Técnico, tendremos que se generará en total 205 Wh al mes

$$11,40\text{kWh} * 18 = 205 \text{ kWh}$$

Si descontamos, del promedio de consumo facturado mensual en las instalaciones de la empresa, la Energía que generaran los Paneles Solares instalados, tendremos una reducción de 292kWh al mes, así:

$$497\text{KWh} - 205 \text{ KWh} = 292\text{KWh}$$

El dato obtenido representa en costos el siguiente valor:

$$292\text{KWh} * \$509,2038 = \$148.687,50$$

Por lo tanto, tendremos una reducción de \$104.386,78 en la factura, que representa el 58,75% de ahorro al mes, así:

$$\begin{aligned} \$253.074,2886 - \$148.687,50 \\ = \$104.386,78 \end{aligned}$$

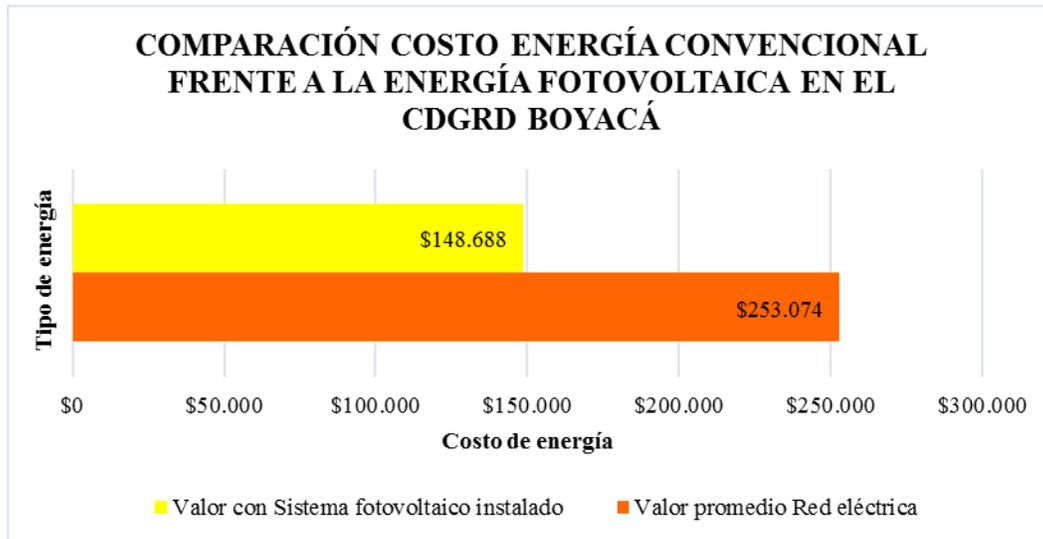
Entonces,

$$\begin{aligned} \$253.074,2886 \rightarrow 100\% \text{ entonces} \\ \$148.687,50 = 58,75\% \end{aligned}$$

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el uso de Sistemas de Energía Alternativa, como es el fotovoltaico, permite no solo disminuir la contaminación que genera el uso de combustibles fósiles, sino, además permite una reducción importante de la factura de Energía, para el caso del presente proyecto se pudo observar que paso de un consumo mensual de \$253.074,28 a uno de \$148.687,50 siendo el ahorro de \$104.386,78, como se observa en la **Tabla 23, Gráfico 8.**

**Gráfico 8.** Comparación del costo de la factura de Energía frente al valor de la factura con el Sistema Fotovoltaico instalado



Fuente: Elaboración propia

### 7.6.3.1 Evaluación del Proyecto, por medio del método Valor Presente Neto (VPN).

Este análisis se tuvo en cuenta para la evaluación del proyecto, debido a que representa una inversión a largo plazo, lo que nos va a permitir determinar si la inversión cumple con el objetivo financiero que es maximizar dicha inversión. El VPN método Valor Presente Neto (VPN) consiste en la diferencia entre el valor de mercado de la inversión y su costo (Váquiro, 2013), así:

$$VPN = II + \frac{FEO}{(1 + R(r)t)} + \frac{FET}{(1 + R(r)n)}$$

Donde:

II= Inversión inicial

FEO = Flujos de efectivo de operación en el año

t = año

n = duración de la vida del proyecto en años

R(r) = tasa de rendimiento requerida del proyecto

FET: Flujo de efectivo de terminación del proyecto

De acuerdo a los valores obtenidos y analizados con anterioridad (**Ver Tabla 24**), tenemos:

**Tabla 24.** Datos requeridos para hallar el VPN del Proyecto.

ÍTEM	EQUIVALENCIA
<b>Inversión inicial (De la inversión) (II)</b>	\$66.151.216
<b>Flujos de efectivo de operación (FEO)</b>	\$148.688
<b>Año (t)</b>	25 años
<b>Tiempo de vida útil de los paneles en años (n)</b>	25 años
<b>Tasa de rendimiento requerida por los Paneles Solares (R(r))</b>	50%
<b>Flujo de efectivo de terminación del proyecto (FET)</b>	148.688 x 12meses = \$1.784.256

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta que la vida útil de los Paneles es de 25 años, se tomó como tiempo el mismo valor, obteniendo los siguientes datos del Flujo Efectivo de Operación (FEO) (**Ver Anexo 12**):

A continuación, se aplica la fórmula (Váquiro, 2013), teniendo en cuenta los valores de cada uno de los 25 años mostrados en el **Anexo 12**, donde el incremento anual en el costo de la factura, se estimó del 5%, como se observa en la **Tabla 25** así:

**Tabla 25.** Incremento anual en el costo de la factura

<b>FÓRMULA</b>	$VPN = II + \frac{FEO}{(1 + R(r)t)} + \frac{FET}{(1 + R(r)n)}$
<b>PROCEDIMIENTO</b>	$VPN = \$66.151.216 + \frac{\$1.784.256}{(1 + (50\%)20)} + \frac{\$1.873.469}{(1 + (50\%)20)} + \dots + \frac{\$1.784.256}{(1 + (50\%)20)}$
<b>RESULTADO</b>	<b><math>VPN = \\$90.087.183</math></b>

Fuente: Elaboración propia con fórmula de Váquiro, 2013

Una vez desarrollada la ecuación se obtienen, para cada uno de los 25 ítems, los datos mostrados en el **Anexo 13**.

Finalmente, se obtiene un VPN positivo, lo que nos muestra que el proyecto es rentable desde el punto de vista financiero (Váquiro, 2013), debido a que el proyecto es capaz de generar suficiente dinero (representado en el ahorro de los pagos de la factura de Energía), para que se recupere la inversión realizada, haciendo factible su ejecución.

## **7.7 ANÁLISIS SOCIAL**

El aprovechamiento de la Energía del Sol no es una actividad nueva, se considera al físico Alexandre-Edmond Becquerel, como uno de los primeros en reconocer el efecto fotoeléctrico y las características espectroscópicas de la luz solar, en 1839 (Revista eléctrica, 2012). Sin embargo, en ese entonces no tuvo mucha aceptación debido a los grandes costos tanto en el Sistema de Captación de Energía Solar como en el de implementación. Hoy en día, estos sistemas se han ido perfeccionando y han permitido contar con estos como una alternativa viable para que las familias puedan implementarlos en sus viviendas.

Dentro del impacto social, que trae consigo el uso de Energía Fotovoltaica en el Departamento de Boyacá, se pueden incluir como beneficios la creación de empleos, mejoras en la salud de la población al disminuir las fuentes generadoras de contaminantes atmosféricos por el uso de combustibles fósiles, nuevas opciones de estudios como los que hoy en día ya se están viendo, como es el caso de pregrados y posgrados en Cambio Climático, viviendas sostenibles, transporte sostenible, entre otros, incrementando las alternativas de desarrollo social y humano; mejoras en la calidad de vida de poblaciones rurales, donde la llegada de Energía Eléctrica era muy difícil y/o costosa, ahora tienen la alternativa de la instalación de Paneles Solares, que no les van a traer un costo económico por su uso.

Por lo anterior, la implementación de fuentes de Energías Alternativas, son una opción muy importante para el desarrollo del Departamento, en el cual su población cada día se convence más de la importancia del desarrollo de actividades amigables con el medio ambiente, entre estas, el uso y aprovechamiento de Energías Amigables con el Medio Ambiente, que permiten contribuir en la reducción de contaminantes atmosféricos y además, tienen una repercusión

positiva en la economía de las familias; esta labor, de dar a conocer el tema de Cambio Climático y las medidas de mitigación y adaptación que se pueden desarrollar, se ha visto liderado desde la Gobernación de Boyacá, desde donde a través de talleres realizados en las diferentes Provincias del Departamento, se ha dado a conocer a la comunidad la importancia del tema y los avances que se han venido realizando.

Lo anterior, sumado a que el uso de Energías Renovables es una de las estrategias de mitigación al Cambio Climático, según la Convención Marco de Naciones Unidas frente al Cambio Climático (CMNUCC), ratificado en la COP21 de París en diciembre de 2015 (GARCÍA ARBELÁEZ, 2015), estas, impactan directamente en el desarrollo y bienestar social, económico y contribuyen al desarrollo sustentable; para lo cual el Gobierno Departamental firmó, el Decreto 182 de 2017, por medio del cual, se crea el Comité interinstitucional de Cambio Climático del Departamento de Boyacá; siendo este un espacio intersectorial con participación de las comunidades, para aunar y coordinar esfuerzos técnicos administrativos y financieros de entidades públicas y privadas, tendiente a deliberar y decidir en relación con la resiliencia al Cambio Climático, reducción de emisiones de GEI y el Pla Integral de Cambio Climático PICCBoyacá, favoreciendo al Departamento en general.

## **7.8 ANÁLISIS AMBIENTAL**

A continuación, se hace un análisis de los impactos ambientales que ocasiona el Sistema de Abastecimiento Energético Convencional en el Departamento de Boyacá, así como los impactos que se generan del uso de Energía Fotovoltaica.

### **7.8.1 Uso actual de la Energía en el Departamento de Boyacá**

Actualmente la ciudad de Tunja, suple sus necesidades de Energía Eléctrica, a través de la Empresa de Energía de Boyacá (EBSA), la cual distribuye y comercializa electricidad a gran parte del Departamento; además, ha tenido una evolución constante, siendo responsable de importantes aportes para el Departamento como:

- Las Plantas de Generación Térmica de Termopaipa,
- La modernización de subestaciones.
- La implementación de un Centro de Control regional moderno desde donde se operan las subestaciones (de media tensión aéreas, de patio, pedestal, capsulada y subterráneas).
- La ampliación de la capacidad de transformación del Sistema Interconectado que garantiza la atención de la demanda de Energía en la región durante los próximos años.

Con cada uno de estos aportes entre muchos otros, ha logrado desarrollar un Sistema Energético tal, que ha contribuido, entre otras cosas, al desarrollo del Sector Minero, Siderúrgico y Cementero. (EBSA, 2017)

Pese a que la EBSA ha implementado y gestionado medidas y programas que permiten que gran parte de los Boyacenses tengan acceso a este servicio público, ésta en sus procesos de funcionamiento generan diferentes tipos de impactos ambientales negativos, provenientes principalmente de:

- Residuos Peligrosos (Transformadores usados libres o contaminados con PCB, Tubos fluorescentes o luminarias, Balastos, Contenedores con aceite usado, Tóner y cartuchos).
- PCB (Bifenilos Policlorados): Los transformadores y otros aparatos eléctricos que fueron construidos antes de 1985 pueden contener PBC, que son sustancias químicas persistentes y bioacumulables
- Pilas y Baterías: Compuestos químicos identificados como residuos peligrosos; están formadas por compuestos tóxicos, como mercurio (Hg), níquel (Ni), litio (Li), plomo (Pb) y cadmio (Cd).
- RAEE (Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos): Éste tipo de residuos poseen componentes peligrosos como cadmio (Cd), plomo (Pb), níquel (Ní), mercurio (Hg) y plásticos bromados.
- Luminarias y tubos fluorescentes: se vuelven peligrosos cuando se rompen y el mercurio una vez liberado puede permanecer mucho tiempo en la atmósfera, lo que permite que se transporte lejos de la fuente de emisión ocasionando efectos graves para la salud,

envenenando la sangre, afectando riñones, hígado, estómago, intestinos y pulmones. (EBSA, 2017)

### **7.8.2 Efectos medio ambientales de la Energía Solar Fotovoltaica (ESFV).**

En general la implementación y conexión del Sistema de Energía Solar Fotovoltaica, posee un impacto ambiental tan bajo que se puede determinar como nulo. En cuanto a la generación de otras clases de impacto ambiental como son los residuos sólidos, emisiones de GEI, impacto auditivo e impacto a los recursos naturales, no se identifican directamente con el proceso de generación de energía, puede llegar a relacionarse únicamente con la producción o fabricación de materiales.

La generación de electricidad mediante Energía Solar Fotovoltaica (ESFV) requiere la utilización de grandes superficies colectoras y por tanto de una cantidad considerable de materiales para su construcción. La extracción, producción y transporte de estos materiales son los procesos que suponen un mayor Impacto Ambiental.

La fabricación de un Panel Solar requiere también la utilización de materiales como aluminio (Al) (para los marcos), vidrio (como encapsulante), acero (para estructuras) etc., siendo estos componentes comunes con la industria convencional. El progresivo desarrollo de la tecnología de fabricación de estructuras y Paneles Solares hace suponer que habrá una reducción del Impacto Ambiental, debido al uso de nuevos elementos para su fabricación e instalación.

En la producción del Panel Solar se produce un gasto energético que genera residuos, como partículas de NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> etc. Esto se debe a que la Energía utilizada en la fabricación del Panel Solar tiene su origen en la mezcla de fuentes energéticas convencionales del país de fabricación. Sin embargo, podemos afirmar que la emisión de estas sustancias debida a la fabricación de Paneles Solares es reducida, en comparación con la disminución en la emisión de sustancias de este tipo que supone la producción de electricidad por medios fotovoltaicos, en vez de con fuentes convencionales de Energía. Un ejemplo de esto, es que la producción de la misma cantidad de potencia hora por año en una moderna y eficiente central térmica de carbón, supone

la emisión de más de 20 veces el CO<sub>2</sub> que si la producción de la misma cantidad de Energía se realizara mediante módulos de policristalino fabricados en pequeña escala. La producción de electricidad mediante Paneles Solares de policristalino fabricados en gran escala, disminuye aún más la emisión de CO<sub>2</sub>, llegándose a reducir hasta cerca de 200 veces la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida respecto a una central térmica de carbón, como es el caso de Termopaipa en Boyacá. La proporción de entre 100 y 200 veces menos cantidad de residuos se mantiene favorable a la ESFV cuando se analizan las emisiones de NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> producidas por una central térmica de carbón. (Ecologistas en acción, 2007)

La obtención de silicio de grado metalúrgico es requerida en grandes cantidades para la industria del acero, siendo una pequeña proporción de este material la dedicada a la fabricación de las obleas de silicio. La emisión de polvo de sílice es uno de los inconvenientes de esta industria. La purificación del silicio implica el uso de materiales tales como xilano, mientras el dopado requiere utilizar pequeñas cantidades de compuestos tóxicos, tales como diborano y fosfina. También se requiere utilizar agentes agresivos, tales como el ácido sulfúrico. Todos estos compuestos y procesos son utilizados en la industria metalúrgica y electrónica no constituyendo, por tanto, un nuevo factor a considerar. En la producción masiva de células solares, deberá estar contemplado un correcto tratamiento de los residuos, tarea asumible al ser conocidos y estar desarrollados estos métodos para grandes producciones en industrias similares a la de producción de células, como las industrias electrónicas. (Ecologistas en acción, 2007)

Para el caso de las células con CdS y CdTe, se estima que se requieran menos de 200 kg de compuestos de Cadmio para producir 2 MW anuales de células solares de esta tecnología. A efectos de comparación, hay que considerar que la producción mundial de Cd se sitúa en 20000 TM, teniendo por tanto la producción de células solares de esta tecnología un Impacto Ambiental muy reducido. Como comparación podemos señalar que mientras las pilas de NiCd están constituidas por un 15 % de su peso en Cd, 1 kW de Paneles Solares (de tecnología Apolo) contendrá 80 g de Cd en forma de CdS y CdTe (nunca de Cd puro), es decir menos de un 0,1 % en peso. Al final de la vida útil de estos módulos, se plantea la posibilidad del vertido en depósitos controlados pues, según normas de los USA y de la CE, estos paneles serían considerados como un residuo no peligroso. Sin embargo, resulta aconsejable poner en

funcionamiento los procesos de reciclado ya plenamente identificados, aunque no puestos en práctica. Otra tecnología de lámina delgada, denominada de células CIS supone un contenido aún menor de Cd que en las células de CdTe, reduciendo su contenido en dos órdenes de magnitud respecto a estas. (Ecologistas en acción, 2007). Otros impactos ambientales de esta fuente energética están relacionados con las infraestructuras necesarias para la operación de la ESFV. Quizás el factor más conocido y esgrimido contra la ESFV es la ocupación de espacio por parte de los Paneles Solares no integrados en la arquitectura. (Ecologistas en acción, 2007)

Finalmente, se puede señalar la existencia de fuentes contaminantes relacionadas con la producción de ESFV aunque no sean debidas a la producción de Paneles Solares. Esta contaminación proviene de la fabricación de equipos tales como inversores, reguladores, estructuras de soporte, cables y especialmente acumuladores. Algunos de estos sistemas están presentes, necesariamente, en todas las instalaciones de ESFV, haciendo así depender el análisis del tipo de instalación considerada. (Ecologistas en acción, 2007)

#### **7.8.1.1 Ciclo de vida de los Paneles Solares y su Impacto Ambiental.**

El ciclo de vida de una instalación de Energía Fotovoltaica se limita a la fabricación, instalación y operación de la propia instalación. El componente principal de la instalación son los Paneles Fotovoltaicos, cuya fabricación representa los principales impactos a lo largo del ciclo de vida de la instalación. La producción de 1 kWh de Energía Fotovoltaica tiene asociadas unas emisiones de 81,2 g CO<sub>2</sub> equivalentes, así como el consumo de 9,35 litros de agua, aproximadamente 95 % de los cuales se asocian al proceso de fabricación de las celdas de silicio. A pesar de esto, el silicio es el segundo elemento mayoritario en la Tierra y no es tóxico, con lo cual el impacto de su extracción, purificación y manipulación está asociado al consumo de Energía y materiales. El proceso de conversión de Energía Solar en electricidad está prácticamente libre de emisiones y generación de ruidos, ya que las únicas partes móviles son los dispositivos de seguimiento solar, si los hubiera, los cuales se desplazan muy lentamente. Los principales impactos reportados durante la operación son los impactos visuales de afectación al paisaje. (J. Pascualino, 2015)

## 8. CONCLUSIONES

- Una vez realizados los análisis para determinar el tipo de Energía Alternativa a implementar en las instalaciones del CDGRD, se concluyó que el Sistema Mixto de Paneles Solares interconectados a la red, es una opción favorable, dado que las instalaciones requieren del uso de Energía principalmente en horas de oficina que corresponde a los rangos 8:00am a 12:00m. y 2:00pm a 6:00pm, tiempo en el cual, se presenta la mayor incidencia solar.
- Con base en el análisis técnico se estableció que el número de Paneles Solares que se requiere implementar en las oficinas de Gestión del Riesgo del Departamento es de 18, instalando paneles con capacidad para producir 80Wattios de Energía. Estos, aunque no tienen una incidencia externa de sombras, como construcciones cercanas, si requieren instalarse a una distancia de 2,8m, con el fin de evitar que una fila de paneles proyecte sombras sobre los que están detrás, en dirección al Norte. Además, al realizar la Evaluación financiera, por medio del método Valor Presente Neto, se obtiene un valor positivo que corresponde a \$90.087.183, lo que nos muestra que el Proyecto es viable para realizar la inversión. Adicionalmente, para la formulación del presente proyecto según el análisis económico, se estima entre inversión, gastos y costos un valor de \$2.745.000, siendo este un valor bajo, frente a la ganancia que se obtiene de acuerdo al estudio financiero, y teniendo en cuenta que solo se generan una vez.
- Desde el punto de vista social y ambiental, el uso e implementación de Sistemas de Energía Alternativa como es la Fotovoltaica, puede contribuir a mitigar los efectos del Cambio Climático, disminuyendo las emisiones de GEI, como el CO<sub>2</sub>, puesto que los 18 Paneles Solares a instalar en el CDGRD de Boyacá, generaran al mes una emisión de 16.646 g de CO<sub>2</sub>, mientras que, la Energía proveniente de la EBSA genera 40.442.400 g de CO<sub>2</sub>, con una diferencia de 40.425.549 g de CO<sub>2</sub>; esto aporta en el mejoramiento de la calidad de vida de la población, principalmente en temas de salud y reducción de los costos de facturas de Energía.

- Se desarrolló la propuesta para implementar el proyecto piloto de Energía Auto Sostenible en las instalaciones del Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres (CDGRD) de Boyacá, obteniendo resultados positivos frente al tema técnico, financiero, social y ambiental, que permiten seguir a la segunda fase que consiste en su implementación.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación del presente proyecto piloto de Energías Alternativas para la Gobernación de Boyacá, además se sugiere que sea replicado en los diferentes municipios del Departamento de Boyacá, contribuyendo con la mitigación del Impacto Ambiental generado a partir del uso de combustibles fósiles como el petróleo.
- Con base en los resultados obtenidos del análisis de los impactos medioambientales de la Energía Convencional frente a la Energía Solar Fotovoltaica (ESFV), se determina que estos últimos son ecológicamente asumibles, por lo que se sugiere el uso de este tipo de Energía Alternativa, siendo uno de los medios de obtención de Energía menos agresivos con el medioambiente.
- El uso de métodos para el aprovechamiento y la generación de Energías Alternativas contribuye a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero causantes en gran medida del calentamiento climático global, como es el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), para esto se deben incluir acciones de mitigación y de aprovechamiento sostenible que empleen Sistemas de Transformación de Energía, como son la utilización de la radiación solar y la potencia del viento.
- Teniendo en cuenta que cada día aumenta la población global, y con esta se genera un consumo cada vez mayor de Energía, la cual en su gran mayoría es obtenida por fuentes de Energía No Renovables como el carbón, petróleo y gas; se deben tener en cuenta otras fuentes de Energía Viables y Renovables como el viento, el Sol, los residuos, las cuales, disminuyen el impacto al medio ambiente y representan un menor costo económico para los habitantes.

- Con base en los análisis realizados y los datos obtenidos, se sugiere implementar éste tipo de proyectos de Energía Fotovoltaica en el Departamento, teniendo en cuenta que la inversión se recupera antes de la finalización del tiempo de vida útil de los paneles, siendo positivo para la población, puesto que genera empleo, disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub>, mejora la salud de la población; además, contribuye con la mitigación al Cambio Climático, como medida de reducción de Gases Efecto Invernadero.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Internacional de Energía (AIE). (2010). *Revista Nómadas*. Obtenido de <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/nomadas/30/giandelgado.pdf>
- América Fotovoltaica. (17 de Junio de 2017). *La Guía Solar*. Obtenido de ¿Cuál es el Impacto Ambiental de la Energía Convencional?: <http://www.laguiasolar.com/impacto-ambiental-la-energia-convencionales/>
- Barba, D. G. (2010). 2a Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (IDEAM, Ed.) *2a Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*.
- Betancur, e. a. (Noviembre de 2007). Guía para la formulación de proyectos considerando la metodología del banco de proyectos de la Universidad Nacional de Colombia (BPUN). *Guía para la formulación de proyectos considerando la metodología del banco de proyectos de la Universidad Nacional de Colombia (BPUN)*. Medellín, Antioquia, Colombia: Centro de publicaciones UNAL, Medellín. Obtenido de [http://www.bogota.unal.edu.co/planeacion/download/herramientas-metodologia/Guia\\_Formulacion\\_Proyectos.pdf](http://www.bogota.unal.edu.co/planeacion/download/herramientas-metodologia/Guia_Formulacion_Proyectos.pdf)
- Cadena, B. e. (2016). *Upstream analytical work to support development of policy options for mid- and long-term mitigation objectives in Colombia. Informe 5 – Informe Final: Fichas de las medidas*. Bogotá D.C.: Universidad de los Andes.
- CalefacciónSolar. (mayo de 2014). *¿Qué inclinación deben tener un Panel Solar?* Obtenido de <http://www.lawebdelasenergiasrenovables.com/esquema-de-instalacion-de-paneles-solares-termicos-y-fotovoltaicos/>
- Cámara de Comercio de Cali. (2016). *Informes Económicos No 03. Normatividad para las Energías Renovables en Colombia*. Cali, Colombia.: Valle del pacífico. .

Congreso de Colombia. (27 de 12 de 2002). *Ley 788 de 2002*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=7260>

Congreso de la República. (31 de julio de 2000). *Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.* Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=20869>

Congreso de la República. (22 de Diciembre de 2000). *Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.* Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>

Congreso de la República. (27 de Diciembre de 2000). *Ley 629 de 2000. Protocolo de Kyoto*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21971>

Congreso de la República. (03 de Octubre de 2001). *Ley 697 de 2001*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4449>

Congreso de la República. (24 de Abril de 2012). *Secretaría del Senado*. Obtenido de [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1523\\_2012.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1523_2012.html)

Congreso de la República. (16 de Julio de 2013). *Ley 1665 de 2013*. Obtenido de <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/2013/LEY%201665%20DEL%2016%20DE%20JULIO%20DE%202013.pdf>

Congreso de la República. (mayo de 13 de 2014). *Ley 1715 de 2014*. Obtenido de [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1715\\_2014.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html)

CONPES. (11 de JULIO de 2011). *Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia Departamento Nacional de Planeación. CONPES 3700*. Obtenido de <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/conpes-3700-estrategia-institucional-para-la-articulacion-de-politicas-y-acciones-en-materia-de-cambio-climatico-en>

Corte Constitucional. (27 de Octubre de 1994). *Corte Constitucional*. Obtenido de <http://www.corteconstitucional.gov.co/RELATORIA/1995/C-073-95.htm>

Corte Constitucional. (16 de 07 de 2013). *Ley 1665 de 2013*. Obtenido de <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2014/C-332-14.htm>

- DNP. (2015). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). Adaptación bases conceptuales*. Bogotá, Colombia: DNP. Obtenido de <http://www.cambioclimatico.gov.co/documents/40860/219937/ABC+Adaptacion.pdf/7bc24b90-08c7-4f40-89e2-2327c3bfb1f>
- EBSA. (20 de 03 de 2017). *Empresa de Energía de Boyacá S.A. EBSA*. Obtenido de <http://www.ebsa.com.co/web/2017/dimensi%C3%B3n-ambiental.html>
- Ecocentro. (2013). *IPEC. Instituto de Permacultura o Ecovilas do Cerrado*. Obtenido de <http://www.ecocentro.org/o-ipecc/tecnologias/energia/energia-fotovoltaica/>
- Ecologistas en acción. (Junio de 2007). *Energías Renovables: Impacto Ambiental*. Obtenido de <http://www.ecologistasenaccion.org/article10057.html>
- Ecotecnia. (2017). *Ecotecnia. Paneles Solares Fotovoltaicos*. Obtenido de <http://econotecnia.com/paneles-solares.html>
- García Arbeláez, C. (2015). El ABC de los compromisos de Colombia para la COP21. *Hacia un crecimiento verde y un clima seguro, 2*, WWF. Bogotá, DC, Cundinamarca, Colombia.
- Gasquet, H. (octubre de 2004). *Solartronic*. Obtenido de Manual teórico y práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos.: <http://www.solartronic.com/download/SistemasFV.pdf>
- Gobernación de Boyacá. (17 de 08 de 2015). *Gobernación de Boyacá "Creemos en Boyacá"*. Obtenido de <http://www.boyaca.gov.co/miboyac%C3%A1/localización>.
- Gobernación de Boyacá. (17 de 04 de 2017). Decretos. Normatividad territorial. *Decreto 182 de 2017*. Tunja, Boyacá, Colombia.
- González Gómez, O. C. (2014). *Irradiación global horizontal medio diario anual Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia*. Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/>
- Granados B., Juan Carlos. (2014). *Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres de Boyacá. (PDGRD - BOYACA)*. Tunja, Boyacá, Colombia: Gobernación de Boyacá.
- Hamilton, C. J. (2000). *Solarviews*. Obtenido de <http://solarviews.com/span/sun.htm#stats>

- Heliosyst. (17 de 06 de 2016). Heliosyst. S.A. Solar, Water, Light Solutions. *Brochure Heliosyst*. Rionegro, Antioquia, Colombia: Heliosyst. S.A.
- Heliosyst S.A. (16 de Noviembre de 2016). Cotización Análisis de Precios Unitarios (APU) para Gestión del Riesgo Departamental de Boyacá. Medellín, Antioquia, Colombia.
- Heliosyst. S.A. (16 de Noviembre de 2016). Cotización de la instalación de Paneles Solares en las Oficinas de Gestión del Riesgo del Departamento de Boyacá. Medellín, Antioquia, Colombia.
- ICONTEC. (25 de NOVIEMBRE de 1998). Norma Técnica Colombiana 2050. *Código electrónico Colombiano, Primera*. Bogotá D.C, Cundinamarca, Colombia: Icontec.
- IDEAM. (2014). *Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia*. Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- IDEAM. (Noviembre de 2014). *Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia. Lista de estaciones convencionales de radiación global del IDEAM*. Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Anexo-Lista-de-estaciones-convencionales-de-radiacion-global-del-Ideam.pdf>
- IDEAM. (2014). *Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia. Promedios Mensuales de Radiación Global Media Recibida en superficie para las principales ciudades del país (Wh/m<sup>2</sup>/día)*. Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Anexo-Promedios-mensuales-de-Irradiacion-Global-Media.pdf>
- IDEAM. (marzo de 2015). Escenarios de Cambio Climático para Precipitación y Temperatura para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones. *Estudio Técnico Completo : Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.*, 28, 56 - 59.
- IDEAM, P. M. (2015). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá: IDEAM.
- Ingelibre. (18 de enero de 2014). *Cálculo de la distancia mínima entre placas solares*. Obtenido de <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/01/18/calculo-de-la-distancia-minima-entre-placas-solares/>

- Inspiration. (marzo de 2017). *Combustibles fósiles. Cambio Climático. Mapa mundial de las emisiones de gases de efecto invernadero*. Obtenido de <https://www.inspiration.org/cambio-climatico/efecto-invernadero/combustibles-fosiles>
- INVIAS. (23 de 08 de 2011). *Instituto Nacional de Vías – INVIAS*. Obtenido de <http://www.zonu.com/fullsize2/2011-08-23-14461/Mapa-de-carreteras-de-Boyac.html>
- J. Pascualino, C. V. (2015). *The environmental impacts of folic and solar energy implementation in the Colombian Caribe* (Vol. 13). Colombia: Prospect.
- La guía Solar. (17 de junio de 2015). *Cuál es el Impacto Ambiental de la Energía Convencional en Colombia?* Obtenido de <http://www.laguiasolar.com/impacto-ambiental-la-energia-convencionales/>
- Losantos V., M. (Abril de 2011). *Curso: Fuentes de información para la atención al público*. Madrid, España.
- MADS. (24 de Febrero de 2016). *Decreto 298 del 24 de febrero de 2016*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/55-decreto%20298%20feb%202016.pdf>
- Martín Ávila, A. M. (2014). *Modelo geográfico para la estimación del potencial fotovoltaico en tejados. caso de estudio: Miraflores de la Sierra*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de [http://eprints.ucm.es/25543/1/TFM\\_ANA\\_M\\_MARTIN\\_AVILA.pdf](http://eprints.ucm.es/25543/1/TFM_ANA_M_MARTIN_AVILA.pdf)
- MINAMBIENTE. (Diciembre de 2015). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1784-plantilla-cambio-climatico-46>
- MINAMBIENTE. (2017). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/cambio-climatico>
- Ministerio de Minas y Energía. (2008 de Septiembre de 2008). *Decreto 3450 de 2008*. Obtenido de <http://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1527854>

Ministerio de minas y Energía. (22 de Diciembre de 2003). *Decreto 3683 de 2003*. Obtenido de [https://normativa.colpensiones.gov.co/colpens/docs/decreto\\_3683\\_2003.htm](https://normativa.colpensiones.gov.co/colpens/docs/decreto_3683_2003.htm)

Ministerio de Minas y Energía. (11 de Agosto de 2015). *Decreto 1623 de 2015*. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/23517/36632-Decreto-1623-11Ago2015.pdf/779a7d6c-702f-4439-a35a-dba2d113d39a>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Bogotá D.C, Cundinamarca, Colombia: Minambiente.

Ministerio de Energía y Minería. (2008). *Energías Renovables. Energía Solar*. Buenos Aires, Argentina: Secretaría de Energía. Obtenido de [https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro\\_energia\\_solar.pdf](https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_solar.pdf)

Ministerio de Minas y Energía. (28 de Marzo de 2008). *Decreto 895 de 2008*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29344>

Ministerio de minas y Energía. (28 de Abril de 2008). *Resolución 0606 de 2008*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=30118>

Ministerio de Minas y Energía. (06 de Agosto de 2008). *Resolución 181294 de 2008*. Obtenido de [http://www.creg.gov.co/html/Ncompila/htdocs/Documentos/Energia/docs/resolucion\\_minimas\\_181294\\_2008.htm](http://www.creg.gov.co/html/Ncompila/htdocs/Documentos/Energia/docs/resolucion_minimas_181294_2008.htm)

Ministerio de Minas y Energía. (02 de 12 de 2014). *Decreto 2469 de 2014*. Obtenido de [http://www.solaire.com.co/images/normatividad/DECRETO\\_2469\\_DEL\\_02\\_DE\\_DICIE\\_MBRE\\_DE\\_2014.pdf](http://www.solaire.com.co/images/normatividad/DECRETO_2469_DEL_02_DE_DICIE_MBRE_DE_2014.pdf)

Ministerio de Minas y Energía. (03 de 12 de 2014). *Decreto 2492 de 2014*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=60174>

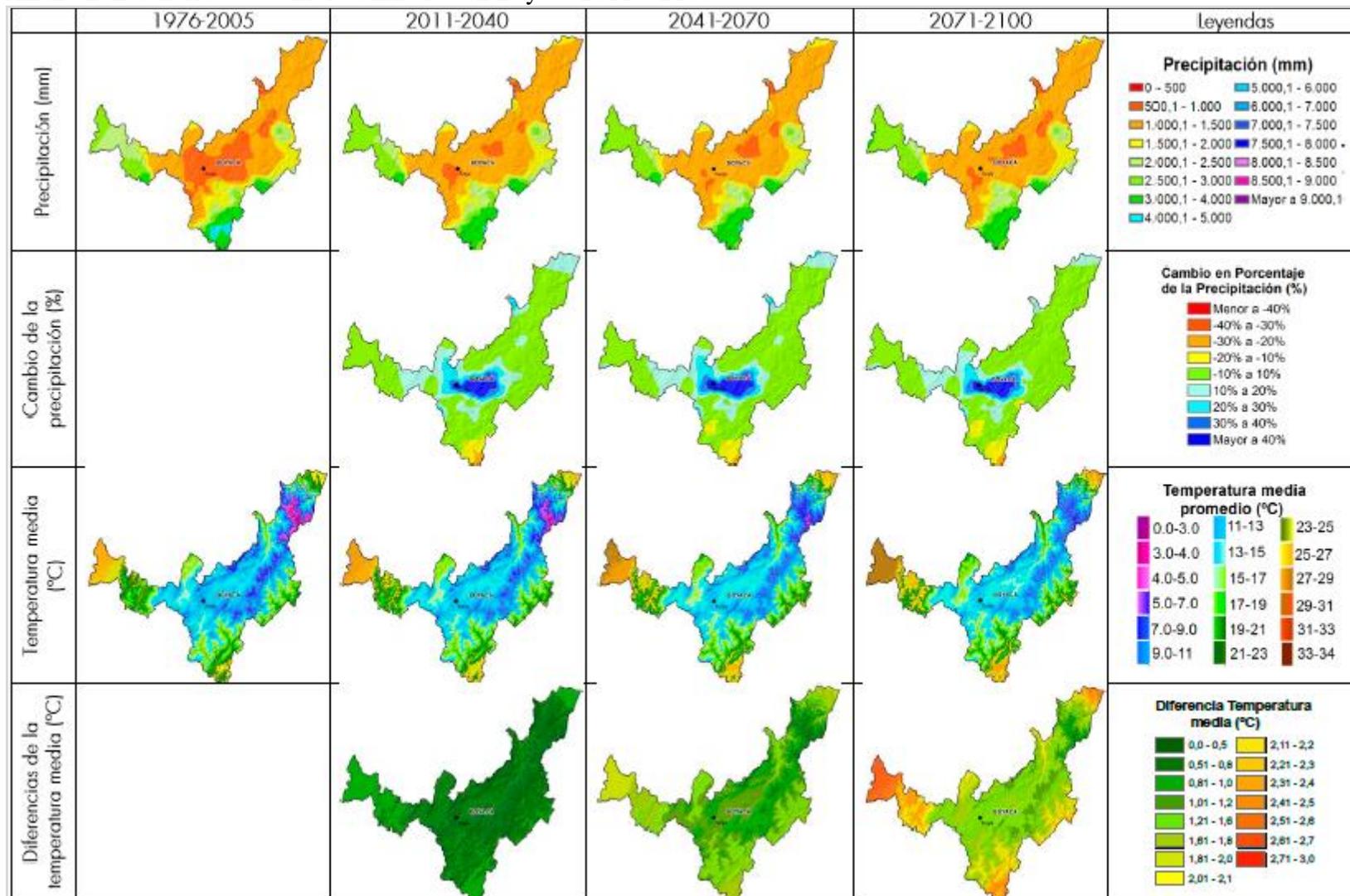
Ministerio de Minas y Energía. (22 de Junio de 2007). *Decreto 2331 de 2007*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=25479>

- Modi, V. S. (2006). *La Energía y los Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Nueva York, EEUU: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Proyecto del Milenio de las Naciones Unidas y el Banco Mundial.
- Monsalve, M. M. (20 de Julio de 2016). ¿Está enredado el camino de las Energías Renovables en Colombia? *El Espectador*.
- Murillo, L. G. (2017). *Política nacional de Cambio Climático: documento para tomadores de decisiones*. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- NASA. (05 de Febrero de 2010). *Science@NASA*. Obtenido de [https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2010/05feb\\_sdo](https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2010/05feb_sdo)
- Portafolio. (14 de mayo de 2014). *Colombia, con marco legal para Energías Alternativas*. Obtenido de <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/colombia-marco-legal-energias-alternativas-48856>
- Ramos, G. C. (febrero de 2011). Petróleo, Medio Ambiente, Cambio Climático y Seguridad: Macondo, otra advertencia más. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 30. Obtenido de <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/nomadas/30/giandelgado.pdf>
- Requena, F. S. (2009). *Fundamentos de Energía Solar Fotovoltaica para los grados de titulaciones científico-técnicas*. España: Universidad Europea Miguel de Cervantes.
- Revista eléctrica. (29 de Febrero de 2012). *alexandre edmond becquerel*. Obtenido de <http://electronica.mx/alexandre-edmond-becquerel/>
- Rozo, A. L. (2015). *Plan Integral de Cambio Climático de Boyacá (PICCBoyacá)* (Vol. 1). Tunja, Boyacá, Colombia: Gobernación de Boyacá.
- Santa García, S. A. (2014). *Diseño de una instalación fotovoltaica autónoma para la finca Mis Delirio en Pereira*. Pamplona, Colombia: Universidad Pública de Navarra.
- Secretaría de Energía de Argentina. (2016). Energías Renovables- Energía Solar. . *Energías Renovables*, 5-8.

- SunFields. (16 de Agosto de 2017). *Efecto de las sombras en un Panel Solar fotovoltaico*.  
Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/efecto-de-las-sombras-en-un-panel-solar-fotovoltaico/>
- UNGRD. (2016). *El Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia, “una Estrategia de Desarrollo”*. 2015 - 2025. Bogotá D.C, Cundinamarca, Colombia:  
UNGRD. Obtenido de <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Plan-Nacional-de-Gestion-del-Riesgo.aspx>
- Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB. (2012). *Bioenergía Sostenible un marco para la toma de decisiones. Naciones Unidas. ONU-Energía. Procesos extractivos gestión de la producción de Biomada Energética*. Obtenido de [http://unab.edupol.com.co/pluginfile.php/8218/mod\\_resource/content/1/UNIDAD1\\_GENERALIDADES%20SOBRE%20LOS%20BIOCOMBUSTIBLES.pdf](http://unab.edupol.com.co/pluginfile.php/8218/mod_resource/content/1/UNIDAD1_GENERALIDADES%20SOBRE%20LOS%20BIOCOMBUSTIBLES.pdf)
- Váquiro, J. D. (29 de marzo de 2013). *PYMES FUTURO*. Obtenido de <https://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>

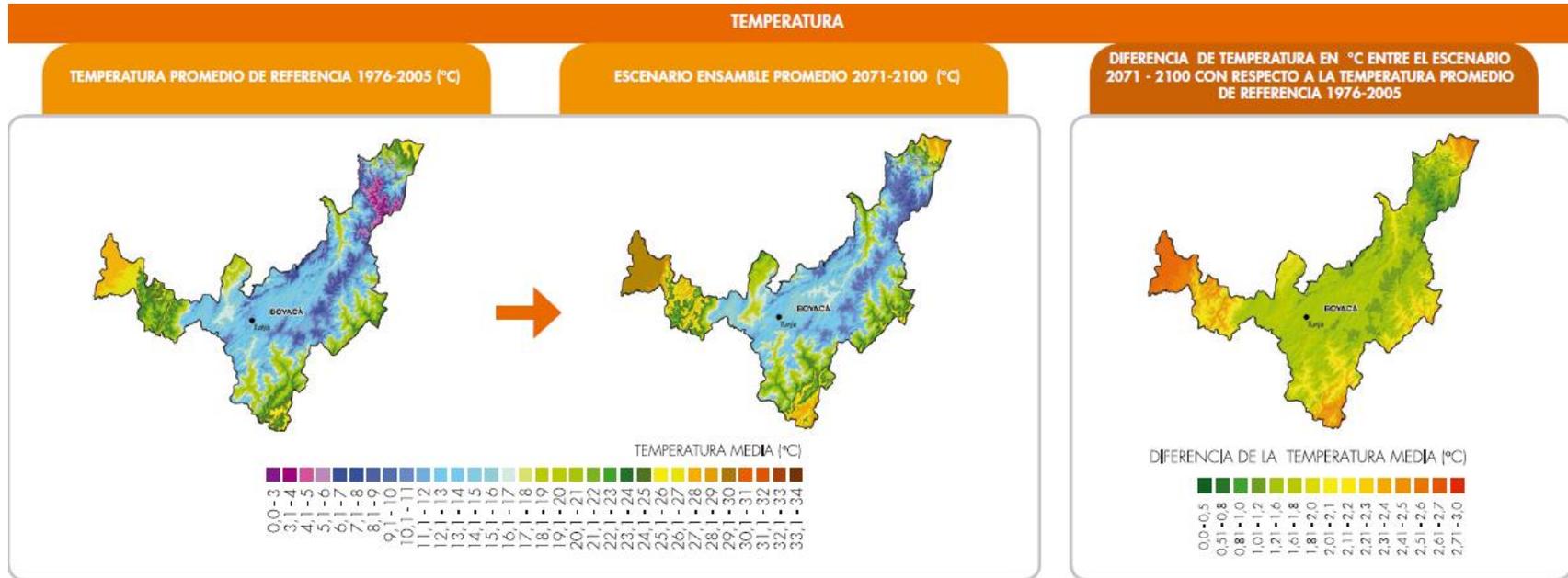
# **ANEXOS**

### Anexo 1. Escenarios de Cambio Climático en Boyacá 2011 – 2100



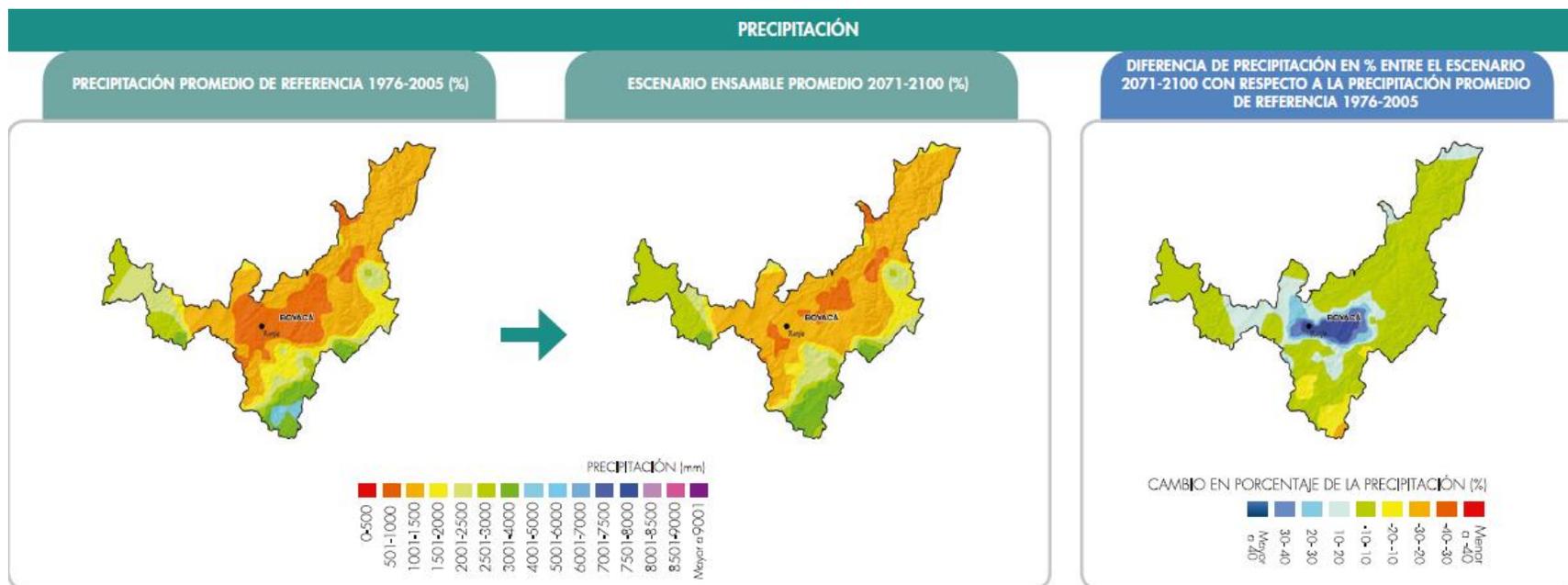
Fuente: (IDEAM, 2015)

**Anexo 2.** Principales aumentos de precipitación en el Departamento de Boyacá 2005 a 2100



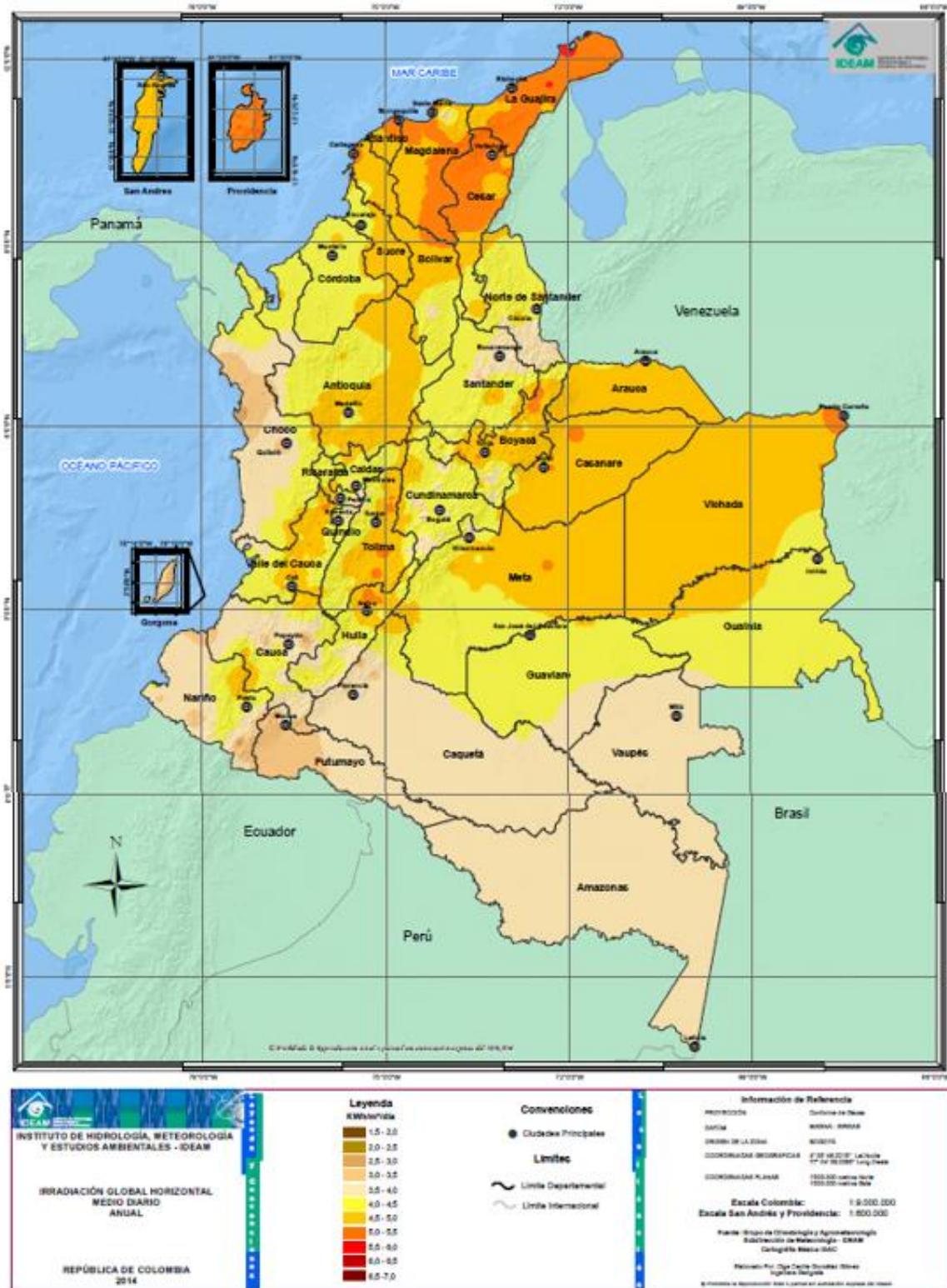
Fuente: (IDEAM, 2015)

**Anexo 3.** Principales aumentos de Temperatura en el Departamento de Boyacá 2005 a 2100



Fuente: (IDEAM, 2015)

#### Anexo 4. Irradiación global horizontal medio diario anual



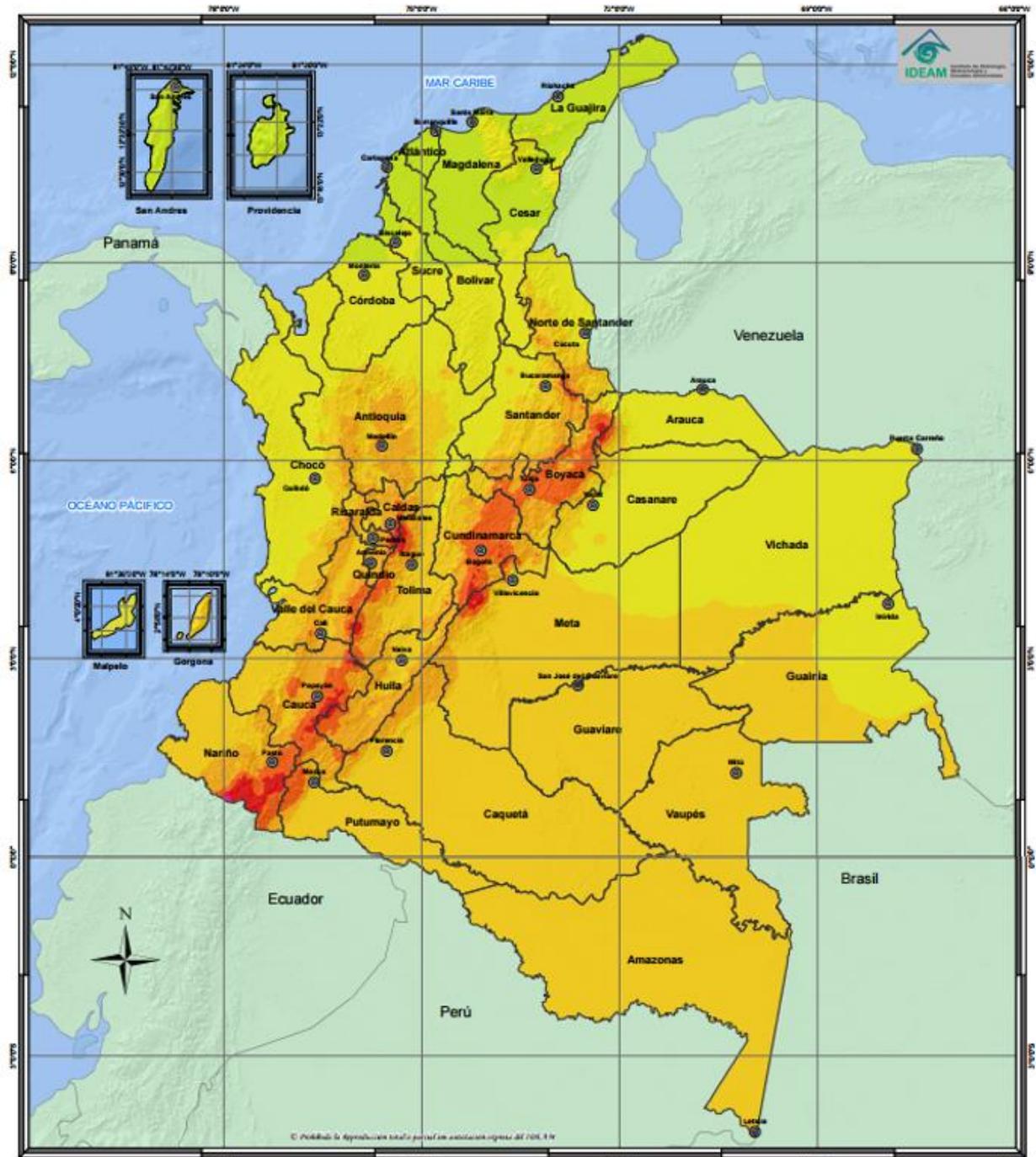
Fuente: (GONZÁLEZ GÓMEZ, 2014)

### Anexo 5. Lista de estaciones convencionales de radiación global del IDEAM usadas en el atlas

Codigo	Estacion	Municipio	Departamento	Latitud	Longitud	Elevacion (m.s.n.m.)	Entidad	Valor promedio (Wh/m <sup>2</sup> por día)												Promedio Anual	Años de Información	Fecha Inicio	Fecha Final
								ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC				
0027015070	Apto. Olaya Herrera	Medellin	Antioquia	6,22	-75,58	1490	IDEAM (conv.)	4382,6	4409,5	4295,7	4165,2	4050,5	4321,8	4688,1	4605,7	4595,1	4419,0	3958,3	4149,4	4335,1	10	ene-85	jun-97
0023085040	La Selva	Rionegro	Antioquia	6,12	-75,40	2090	IDEAM (conv.)	4022,3	4213,8	4305,2	4054,8	4189,5	4782,3	4899,7	4983,3	4548,1	3827,3	3664,0	3790,9	4271,8	11	ene-85	dic-96
0023085220	San Carlos	San Carlos	Antioquia	6,15	-75,03	1113	IDEAM (conv.)	3867,0	3581,4	3811,3	3926,1	3876,4	4251,0	4621,5	4656,7	4135,2	3612,8	3503,5	3401,5	3937,1	7	ene-85	jun-93
0023075010	Rio Claro	Sonson	Antioquia	5,85	-74,83	449	IDEAM (conv.)	4199,3	4201,9	4112,1	4701,4	4818,3	4650,9	4956,9	4898,0	4788,0	4184,2	4281,8	4200,9	4499,5	3	feb-87	abr-89
0037055010	Apto. Santiago Perez	Arauca	Arauca	7,07	-70,73	128	IDEAM (conv.)	5156,3	4484,1	4617,1	4371,2	4292,6	4204,0	4299,1	4416,1	4895,9	4702,5	4786,5	5212,4	4619,8	4	ene-86	ene-82
0014015020	Apto. Rafael Nuñez	Cartagena	Bolívar	10,43	-75,50	2	IDEAM (conv.)	5987,7	8412,9	6378,8	8012,8	4951,4	4988,7	5644,2	5213,1	5291,3	5014,5	4988,2	5746,8	5552,5	7	feb-90	dic-00
0024025030	La sierra	Duitama	Boyacá	5,97	-73,15	2700	IDEAM (conv.)	4446,8	4411,4	4052,7	3990,4	4077,4	4297,7	4292,7	4387,1	4349,2	4074,5	3886,8	4466,3	4227,7	16	jul-85	dic-01
0024035120	Surbata Bonza	Duitama	Boyacá	5,82	-73,07	2485	IDEAM (conv.)	4932,3	4933,7	4992,7	4741,5	4642,7	4407,8	4548,5	4637,0	4687,8	4758,8	4827,2	4969,5	4756,6	11	feb-87	jun-97
0024035150	Belencito	Nobsa	Boyacá	5,77	-72,88	2530	IDEAM (conv.)	4894,5	4679,0	5083,2	3985,3	4314,4	4620,2	4760,5	5047,1	4543,5	4640,8	4530,9	4994,6	4691,1	5	ene-85	sep-94
0024035130	UPTC	Tunja	Boyacá	5,55	-73,35	2690	IDEAM (conv.)	5688,1	5184,2	4695,9	4678,5	4282,1	4092,7	4299,9	4515,6	4926,2	4625,1	4350,7	4550,3	4657,4	6	ene-95	dic-01
0024015300	Villa de Leyva	Villa de Leyva	Boyacá	5,65	-73,53	2215	IDEAM (conv.)	4966,1	4861,6	4750,1	4567,7	4381,3	4541,7	4532,6	4599,6	4545,4	4526,4	4174,0	4471,7	4578,2	16	ene-85	dic-01
0046035010	Maguare	El doncello	Caqueta	1,63	-75,15	270	IDEAM (conv.)	4407,6	4131,8	3630,4	3309,3	3492,4	3012,8	3292,8	3706,4	3914,7	4302,1	4112,8	4678,6	3832,6	8	ene-85	may-05
0044135010	Araracuara	Solano	Caqueta	-0,60	-72,37	150	IDEAM (conv.)	4100,2	3761,7	3636,1	4018,8	3746,3	3301,8	4039,1	4227,2	4370,3	4343,3	4121,7	4053,5	3993,3	10	oct-86	dic-99
0028025070	Motilonia Codazzi	Agustin Codazzi	Cesar	10,0	-73,3	180	IDEAM (conv.)	4382,9	4800,8	4785,2	4629,0	4630,8	4509,3	4374,2	4342,1	4613,5	4623,7	4412,1	4503,4	4533,9	11	ene-86	oct-96
0021205791	Aeropuerto Eldorado	Bogotá	Cundinamarca	4,71	-74,15	2541	IDEAM (conv.)	4681,9	4312,7	4322,2	3716,7	3506,0	3658,9	3917,3	4168,2	3947,8	3961,0	4017,7	4241,4	4037,7	23	mar-81	dic-04
0021205420	Tibaitata	Mosquera	Cundinamarca	4,68	-74,20	2543	IDEAM (conv.)	4522,8	4296,4	4129,0	3758,4	3709,6	3845,3	3946,5	4123,7	4025,9	4079,8	3960,4	4149,8	4045,6	11	may-82	sep-02
0021105060	Hidrobotania	Campoalegre	Huila	2,70	-75,42	500	IDEAM (conv.)	4462,7	4420,4	4188,6	4068,3	4320,4	4527,0	4454,1	4501,8	4825,7	4491,8	4712,5	4387,3	4446,7	7	abr-90	feb-97
0021115020	Apto. Benito Salas	Neiva	Huila	2,93	-75,28	439	IDEAM (conv.)	4836,0	4700,4	4590,5	4628,9	4552,2	4550,1	4509,7	4656,6	4785,1	4782,3	4607,8	4618,0	4651,5	14	mar-90	ago-03
0021015030	Parque Arqueologico	San Agustin	Huila	1,88	-76,28	1800	IDEAM (conv.)	4716,9	4657,5	4311,1	4462,7	4602,3	4384,2	4136,8	4228,7	4894,9	4829,1	4777,9	4826,6	4569,1	14	may-90	ago-03
0015065130	La Mina	Hatonuevo	La Guajira	11,13	-72,60	80	IDEAM (conv.)	5091,6	4726,6	5105,4	5011,7	5033,1	5192,6	5307,9	5527,4	5077,0	5035,9	4756,2	4498,9	5030,4	7	abr-89	dic-00
0015085010	Apto. Almirante Padilla	Riohacha	La Guajira	11,52	-72,92	4	IDEAM (conv.)	5202,8	5556,0	5781,0	5898,3	5818,0	5975,8	6237,6	6045,2	5832,8	5247,8	4977,5	4916,6	5605,8	17	sep-91	mar-14
0015085020	Nazareth	Uribia	La Guajira	12,17	-71,28	85	IDEAM (conv.)	4868,0	4763,8	5365,8	5023,6	4880,2	6052,6	5670,4	5842,4	5501,6	4601,5	4118,1	4321,1	5084,1	7	dic-86	sep-94
0029065030	Prado Sevilla	Zona Bananera	Magdalena	10,75	-74,15	18	IDEAM (conv.)	5373,1	5537,5	5698,7	5694,0	5349,7	5392,5	5488,7	5471,5	5037,5	5194,5	5026,5	5393,5	5388,1	10	ene-90	sep-99
0035035020	Apto. Vanguardia	Villavicencio	Meta	4,15	-73,62	423	IDEAM (conv.)	4784,9	4514,5	4337,1	4565,8	4699,2	4650,1	4542,9	4993,2	5307,6	5286,1	4747,4	4580,0	4750,7	14	ene-90	may-01
0052055010	Apto. San Luis	Aldana	Nariño	0,85	-77,67	2961	IDEAM (conv.)	4236,0	3950,9	3902,6	3980,9	4161,5	4337,7	4301,9	4058,9	4203,6	4230,1	3997,0	4003,5	4113,7	10	ene-85	jul-03
0052045010	Oboonuco	Pasto	Nariño	1,18	-77,30	2710	IDEAM (conv.)	3677,5	3411,9	3524,3	3572,1	3414,8	3312,4	3619,9	3455,4	3563,7	3682,1	367,6,0	3728,3	3553,2	4	sep-89	dic-92
0018055040	Abrego	Abrego	Norte de Santander	8,08	-73,22	1430	IDEAM (conv.)	4910,9	4804,9	4839,1	4582,7	4515,6	4841,7	4885,8	4719,4	4723,3	4720,8	4510,5	4749,8	4733,7	13	feb-89	may-02
0018015010	Apto. Camilo Daza	Cúcuta	Norte de Santander	7,92	-72,50	250	IDEAM (conv.)	4277,9	4116,4	4177,9	4104,3	4539,4	4498,7	4632,6	4747,4	4932,2	4757,2	4374,1	4167,3	4443,8	12	sep-89	abr-03
0018025040	Cinera Villa Olga	Cúcuta	Norte de Santander	8,17	-72,47	100	IDEAM (conv.)	4185,4	4706,1	5086,7	4877,9	5321,1	5728,1	5741,8	6006,7	6141,4	5467,2	5005,4	4895,4	5263,8	6	ene-87	ago-05
0018025030	Salazar	Salazar	Norte de Santander	7,77	-72,82	860	IDEAM (conv.)	4409,5	3958,1	3885,3	4717,1	5175,8	4860,6	5364,3	5508,9	5804,7	5475,5	4770,4	4769,0	4891,6	6	ene-96	jul-01
0026135040	Apto. Matecaña	Peñaira	Risaralda	4,80	-75,73	1342	IDEAM (conv.)	4279,4	4406,3	4283,9	4099,7	3805,1	3940,5	4243,6	4362,0	4273,2	4338,6	4183,3	4315,4	4210,9	7	oct-90	nov-96

Fuente: (IDEAM, 2014)

## Anexo 6. Distribución del Índice UV máximo diario.



 <p><b>INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM</b></p> <p><b>DISTRIBUCIÓN DEL ÍNDICE ULTRAVIOLETA MÁXIMO DIARIO</b></p> <p><b>DICIEMBRE</b></p> <p><b>REPÚBLICA DE COLOMBIA</b></p> <p>2014</p>	<p><b>Leyenda</b></p> <p>Índice ultravioleta (IUUV)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>5 - 6</li> <li>6 - 7</li> <li>7 - 8</li> <li>8 - 9</li> <li>9 - 10</li> <li>10 - 11</li> <li>11 - 12</li> <li>12 - 13</li> <li>13 - 14</li> <li>14 - 15</li> </ul>	<p><b>Convenciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Ciudades Principales</li> </ul> <p><b>Límites</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>~ Límite Departamental</li> <li>~ Límite Internacional</li> </ul>	<p><b>Información de Referencia</b></p> <p>PROYECCIÓN: Conforme de Gauss</p> <p>DATUM: MAGNA - SIRGAS</p> <p>ORIGEN DE LA ZONA: BOGOTÁ</p> <p>COORDENADAS GEOGRÁFICAS: 4° 35' 46.3210" Lat.Norte 77° 04' 30.0285" Long.Oeste</p> <p>COORDENADAS PLANAS: 1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este</p> <p><b>Escala Colombia:</b> 1:9.000.000 <b>Escala San Andrés y Providencia:</b> 1:600.000</p> <p>Fuente: Grupo de Climatología y Agrometeorología Subdirección de Meteorología - IDEAM Cartografía Básica IGAC</p> <p>Elaborado Por: Olga Cecilia González Gómez Ingeniera Geógrafa</p> <p><small>© Prohíbida la Reproducción total o parcial sin autorización expresa del IDEAM</small></p>
---	---	--	--

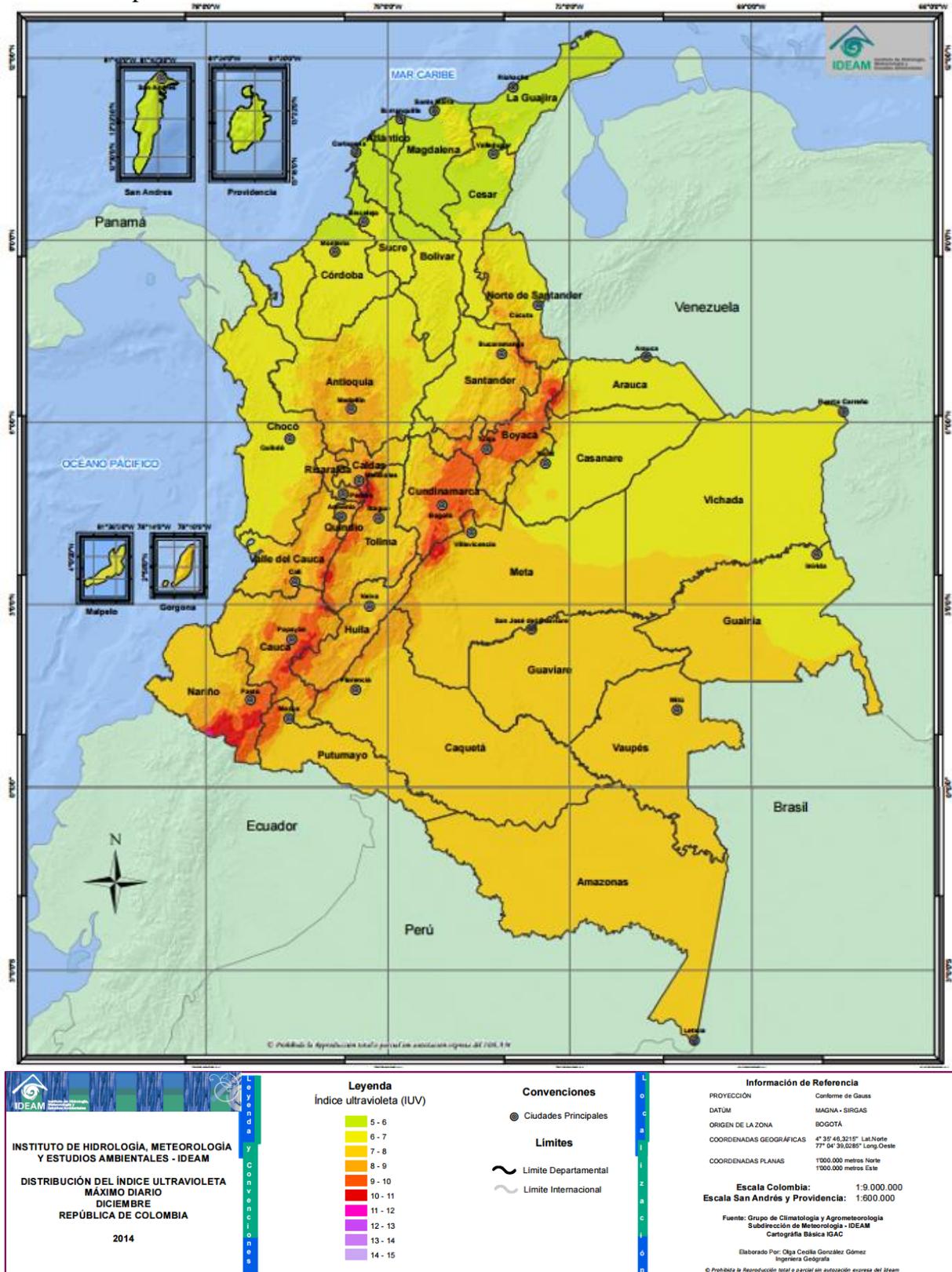
Fuente: (GONZÁLEZ GÓMEZ, 2014)

**Anexo 7.** Promedios mensuales de irradiación global media recibida en superficie para las principales ciudades del país (Wh/m<sup>2</sup>/día)

ANEXO: PROMEDIOS MENSUALES DE IRRADIACIÓN GLOBAL MEDIA RECIBIDA EN SUPERFICIE PARA LAS PRINCIPALES CIUDADES DEL PAÍS (Wh/m <sup>2</sup> POR DÍA)																							
Codigo	Estacion	Municipio	Departamento	Latitud	Longitud	Elevacion (m.s.n.m.)	Entidad	Valor promedio (Wh/m <sup>2</sup> por día)												Promedio Anual	Años de Información	Fecha Inicio	Fecha Final
								ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC				
0027015070	Apto. Claya Herrera	Medellín	Antioquía	6,22	-75,58	1490	IDEAM (conv.)	4382,6	4409,5	4295,7	4165,2	4050,5	4321,6	4668,1	4605,7	4595,1	4419,0	3958,3	4149,4	4335,1	10	ene-85	jun-97
0037055010	Apto. Santiago Perez	Arauca	Arauca	7,07	-70,73	128	IDEAM (conv.)	5156,3	4484,1	4617,1	4371,2	4292,6	4204,0	4299,1	4416,1	4895,9	4702,5	4786,5	5212,4	4619,8	4	ene-86	ene-92
0002904512	Las Flores	Barranquilla	Atlántico	11,04	-74,82	2	IDEAM (aut.)	6383,8	6369,2	6804,4	6072,2	5971,7	5968,9	6266,6	5594,7	5573,7	5286,9	5399,2	5722,7	5951,2	6	nov-09	dic-14
0014015020	Apto. Rafael Nuñez	Cartagena	Bolívar	10,43	-75,50	2	IDEAM (conv.)	5987,7	6412,9	6378,8	6012,8	4951,4	4988,7	5644,2	5213,1	5291,3	5014,5	4988,2	5746,8	5552,5	7	feb-90	dic-00
0024035130	UPTC	Tunja	Boyacá	5,55	-73,35	2690	IDEAM (conv.)	5688,1	5184,2	4695,9	4678,5	4282,1	4092,7	4299,9	4515,6	4926,2	4625,1	4350,7	4550,3	4657,4	6	ene-95	dic-01
0026155230	E.M.A.S.	Manizales	Caldas	5,09	-75,51	2207	IDEAM (aut.)	3943,7	3849,3	3695,8	3657,8	3461,1	3546,0	4074,1	3983,2	4117,1	3720,8	3490,2	3667,0	3767,2	10	may-05	dic-14
0044035050	Macagua - Florencia	Florencia	Caqueta	1,50	-75,66	257	IDEAM (aut.)	4083,3	3937,4	3349,6	3485,3	3084,8	3204,2	3137,7	3577,7	3770,0	3909,8	3951,1	3918,7	3617,5	10	jul-05	dic-14
0003521502	Apto. Yopal	Yopal	Casanare	5,32	-72,38	330	IDEAM (aut.)	5760,7	5339,7	4761,4	4569,8	4296,0	4240,9	4186,0	4453,6	4974,8	4885,2	5091,8	5521,0	4835,1	5	nov-09	dic-14
0028035060	Fedearroz	Valledupar	Cesar	10,46	-73,25	184	IDEAM (aut.)	5420,1	5685,3	5317,3	5441,3	5253,8	5388,7	5517,8	5375,4	4996,8	4865,5	4950,3	5152,7	5280,4	10	sep-05	dic-14
	Montería	Montería	Córdoba	8,81	-75,85	17	FEDEARROZ	4345,6	4389,8	4371,3	4173,9	3873,2	4337,5	4770,2	4429,5	4282,2	3923,6	4018,9	4039,2	4247,1	4	oct-11	abr-14
0021205791	Apto. Eldorado	Bogotá	Cundinamarca	4,71	-74,15	2541	IDEAM (conv.)	4681,9	4312,7	4322,2	3716,7	3506,0	3658,9	3917,3	4168,2	3947,8	3961,0	4017,7	4241,4	4037,7	23	mar-81	dic-04
	Inirida	Puerto Inirida	Guanía	4,02	-67,67	90	IDEAM (SUTRON)	4500,1	4327,1	3939,4	4140,2	3634,7	3628,7	3542,4	3891,2	4257,1	4117,2	4079,2	4202,1	4021,6	4	feb-97	sep-02
0021115020	Apto. Berito Salas	Neiva	Hulla	2,93	-75,28	439	IDEAM (conv.)	4836,0	4700,4	4590,5	4628,9	4552,2	4550,1	4509,7	4656,6	4785,1	4782,3	4607,8	4618,0	4651,5	14	mar-90	ago-03
0015065010	Apto. Almirante Padilla	Riohacha	La Guajira	11,52	-72,92	4	IDEAM (conv.)	5202,8	5556,0	5761,0	5898,3	5618,0	5975,8	6237,6	6045,2	5832,8	5247,8	4977,5	4916,6	5605,8	17	sep-91	mar-14
0000150150	Univ. Tecnológica de Magdalena	Santa Marta	Magdalena	11,22	-74,19	7	IDEAM (aut.)	5539,4	5904,8	5855,5	5756,4	5698,0	5402,9	5370,9	5201,1	5325,3	4721,4	4787,3	5301,5	5405,4	7	ago-07	dic-14
0035035020	Apto. Vanguardia	Villavicencio	Meta	4,15	-73,62	423	IDEAM (conv.)	4784,9	4514,5	4337,1	4565,8	4699,2	4650,1	4542,9	4993,2	5307,6	5286,1	4747,4	4580,0	4750,7	14	ene-90	dic-14
0052055210	Botana	Pasto	Nariño	1,16	-77,28	2820	IDEAM (aut.)	3749,1	3499,2	3497,4	3668,8	3685,8	3715,9	3897,4	4006,3	4124,7	3888,8	3765,2	3415,0	3742,8	10	may-05	abr-03
0016015010	Apto. Camilo Daza	Cúcuta	Norte de Santander	7,92	-72,50	250	IDEAM (conv.)	4277,9	4116,4	4177,9	4104,3	4539,4	4498,7	4632,6	4747,4	4932,2	4757,2	4374,1	4167,3	4443,8	12	sep-89	nov-13
0026125290	Armenia	Armenia	Quindío	4,53	-75,69	1458	IDEAM (aut.)	3918,2	3837,4	3918,7	3857,4	3691,3	3866,7	4265,8	4175,5	4333,9	3893,8	3879,2	3567,8	3993,8	10	dic-05	nov-96
0026135040	Apto. Matecaña	Pereira	Risaralda	4,80	-75,73	1342	IDEAM (conv.)	4279,4	4406,3	4283,9	4099,7	3805,1	3940,5	4243,6	4362,0	4273,2	4338,6	4183,3	4315,4	4210,9	7	oct-90	oct-13
0017015010	Apto. Sesquicentenario	San Andrés	San Andrés y Providencia	12,58	-81,70	1	IDEAM (conv.)	4422,2	5166,1	5733,2	5957,6	5025,4	4705,8	4914,2	4868,8	4753,2	4430,9	3747,8	4094,5	4818,3	3	ene-01	dic-14
0025025270	Unisucre (Puerta Roja)	Sincelejo	Sucre	9,20	-75,39	221	IDEAM (aut.)	4843,9	4986,3	4733,4	4420,1	3860,0	4411,8	4600,9	4354,3	4233,7	3929,5	3733,4	4309,1	4368,0	10	may-05	dic-99
0021245040	Apto. Perales	Ibagué	Tolima	4,42	-75,13	928	IDEAM (conv.)	4615,6	4578,8	4621,2	4651,4	4627,9	4717,9	4896,1	4986,2	4846,6	4679,7	4404,6	4332,7	4663,2	9	nov-89	dic-14
0002605507	Univalle	Cali	Valle del Cauca	3,38	-76,53	992	IDEAM (aut.)	4385,4	4360,8	4373,0	4303,9	4138,2	4299,1	4628,5	4643,8	4631,4	4256,1	3998,5	3971,9	4332,6	9	nov-06	dic-14

Fuente: (IDEAM, 2014)

Anexo 8. Mapa distribución del índice UV máximo diario.



Fuente: (GONZÁLEZ GÓMEZ, 2014)

**Anexo 9.** Cotización de la empresa Heliosyst S.A.S, para la instalación de Paneles Solares en las Oficinas de Gestión del Riesgo del Departamento de Boyacá.



**Heliosyst**  
Solar Water Lighting Solutions

**COTIZACIÓN 77757-0**  
**Noviembre 16, 2016**  
 Preparado por: **Mauricio Hincapié**  
 Carrera 55b 16b 27. Medellín, Antioquia  
 Tel: (+57) 312-8182618| Fax: (57-4) 562-4622  
 mhincapo@heliosyst.com | www.heliosyst.com

<b>Compañía:</b>	CONSEJO DEPARTAMENTAL DE GESTION DE RIESGO	<b>País:</b> Colombia	
<b>Contacto:</b>	Ing. John Ernesto Carrero	<b>Teléfono:</b> 3108808902	
<b>Email:</b>	Sandra Milena Carrillo samibiolog@gmail.com		

Cant	Part No.	Descripción	Precio Unitario (COP)	Precio Total (COP)
		Sistema fotovoltaico aislado de red 8.5 kwh/d		
<b>Componentes/servicio</b>				
01	Sistema	Suministro e instalación de sistema fotovoltaico aislado de red con capacidad de producir hasta 8.5 kwh/d	\$66.151.216,00	\$66.151.216,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$66.151.216,00</b>

**Forma de Pago:** 50% anticipo 50% contra entrega

**Tiempo de entrega:** 30 Dias calendario

**Observaciones:** IVA incluido

Cordialmente,



**Michel Chavane de Dalmassy**

Heliosyst S.A.S  
 NIT: 900412675  
 Carrera 55B 16B-27, Torre San Bartolomé  
 EP: (57 - 4) 562 46 22  
 e-mail: mchavane@heliosyst.com  
 www.heliosyst.com

Fuente: (Heliosyst. S.A, 2016)

**Anexo 10.** Cotización de la empresa Iluminación S.A.S, para la instalación de Paneles Solares en las Oficinas de Gestión del Riesgo del Departamento de Boyacá.

**Iluminacion.co SAS**  
 Iluminacion.co SAS  
 Duitama  
 Boyaca  
 NIT: 9009588191  
 John Othaim  
 304 477 6973  
 informacion@iluminacion.co

  
**ILUMINACION.CO**

## Cotización

Cotización n.º: 00036  
 Fecha: 09/05/2017

**Cliente:** Gobierno Nacional Boyaca

**Datos de Cliente:**

**Orden de Pago Referencia (Cliente):**

**Orden de Pago Fecha (Cliente):**

**NT Cliente:**

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
SKW OFFGRID	Suministro e instalación y configuración de SKW Sistema de Generación Solar Off Grid. El sistema se compone de 16 paneles solares, (320W 2m x 1m) 1 controlador, 1 Inversor de AC por 2 fases 110v (220V total) SKW, 8 baterías, (150AH) cableado y accesorios.  Cada panel es 26Kgs (como la estructura del techo debe soportar el peso adicional de 416Kgs) La estructura del techo puede requerir soporte adicional a un costo adicional.  Este sistema generará y almacenará la energía de los paneles solares en un banco central de baterías, que luego se convierte en dos fases de 110 V de corriente alterna alimentadas al tablero central. El sistema se basa en los cálculos de ubicación geográfica y 3 días de energía de reserva.  Este sistema está diseñado para alimentar el 100% de los requisitos de electricidad del edificio con una reserva de electricidad de 3 días.	1	\$75,000,000.00	\$75,000,000.00

1 / 2

**Resolución No: 260000050897 de 15 Abril 2016. Régimen Común**

Gracias por usar Iluminacion.co, juntos podemos reducir el impacto sobre el medio ambiente!

Subtotal \$75,000,000.00

IVA (19.00%) \$14,250,000.00

**Total \$89,250,000.00**

Una vez que de cotización ha sido aprobado, se convertirá en una copia de la factura.  
 Todas las facturas se deben pagar 75% de depósito y el 25% a la importación.  
 Importación ocurrirá 21 días (o menos) antes de la entrega final.  
 Una vez entregado al cliente se le prodigo una factura original que refleja los pagos de clientes.

Los pagos se realiza directamente en el



Nombre: ILUMINACION CO SAS  
 Número: 176470023965  
 Tipo: AHORROS

Fuente: Empresa Iluminación S.A.S

**Anexo 11.** Cotización Heliosyst S.A.S. Análisis de Precios Unitarios (APU) para compra e instalación de Sistema fotovoltaico en las oficinas de Gestión del Riesgo Departamental de Boyacá.

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
<b>SISTEMA GRID-TIED</b>						
ITEM:		CONJUNTO DE MODULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS ELECTRICAMENTE. CAPACIDAD INSTALADA 3120WP 19,6M2 (12X1)				
<b>1 - EQUIPO</b>						
DESCRIPCION	UND	VALOR	RENDIMIENTO	⊗	UNIDAD	UND
HERRAMIENTAS MENORES	GLB	17.560,00	0,6400		VALOR PARCIAL	11.238,40
<b>SUB - TOTAL EQUIPOS</b>						<b>\$ 11.238,00</b>
<b>2 - MATERIALES</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	⊗	VALOR PARCIAL	
MODULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS DE 1640MMX 990MM	UND	18,00	1.506.068,50		27.109.233,00	
<b>SUB - TOTAL MATERIALES</b>						<b>\$ 27.109.233,00</b>
<b>3 - TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCION	VOL. PESO = CANT.	DISTANCIA	VR. UNITARIO	M3-KM	VALOR PARCIAL	
<b>SUB - TOTAL MANO DE OBRA</b>						
<b>4 - MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR PARCIAL	
2 OBREROS	50.000,00	50.000,00	100.000,00	0,23	434.782,61	
1 OFICIAL ELECTROMECHANICO	50.000,00	50.000,00	100.000,00	0,23	434.782,61	
<b>SUB - TOTAL MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 869.565,00</b>
<b>VALOR COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 27.990.036,00</b>

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>SISTEMA GRID-TIED</b>						
ITEM:		INVERSOR DE INTERCONEXION MONOFASICO 3.1KVA CON ADAPTADOR WI-FI				
<b>1 - EQUIPO</b>						
DESCRIPCION	UND	VALOR	RENDIMIENTO	⊗	UNIDAD	UND
HERRAMIENTAS MENORES	GLB	23.900,00	0,7700		VALOR PARCIAL	18.403,00
<b>SUB - TOTAL EQUIPOS</b>						<b>\$ 18.403,00</b>
<b>2 - MATERIALES</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	⊗	VALOR PARCIAL	
INVERSOR MONOFASICO DE 3.1KVA CON ADAPTADOR WI-FI	UND	1,00	12.567.000,00		12.567.000,00	
<b>SUB - TOTAL MATERIALES</b>						<b>\$ 12.567.000,00</b>
<b>3 - TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCION	VOL. PESO = CANT.	DISTANCIA	VR. UNITARIO	M3-KM	VALOR PARCIAL	
<b>SUB - TOTAL MANO DE OBRA</b>						
<b>4 - MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR PARCIAL	
1 OBREROS	25.000,00	25.000,00	50.000,00	0,50	100.000,00	
1 OFICIAL ELECTROMECHANICO	50.000,00	45.000,00	95.000,00	0,50	190.000,00	
<b>SUB - TOTAL MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 290.000,00</b>
<b>VALOR COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 12.875.403,00</b>

Fuente: (Heliosyst S.A., 2016)

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
SISTEMA GRID-TIED						
ITEM:	ESTRUCTURA GALVANIZADA PARA CAMPO ABIERTO PARA MODULOS SOLARES, 3M DE ALTURA, FABRICADA BAJO NORMA SISMO RESISTENTE COM ACERO ESTRUCTURAL GALVANIZADO EN CALIENTE, INCLUYE EXCAVACION PARA CIMIENTO Y CIMIENTO EN CONCRETO					
<b>1 - EQUIPO</b>					<b>UNIDAD</b>	<b>UND</b>
DESCRIPCION	UND	VALOR	RENDIMIENTO	×	VALOR PARCIAL	
HERRAMIENTAS MENORES	GLB	31.760,00	0,880		27.949,00	
<b>SUB - TOTAL EQUIPOS</b>						<b>\$ 27.949,00</b>
<b>2 - MATERIALES</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	×	VALOR PARCIAL	
ESTRUCTURA GALVANIZADA PARA SOPORTE	KG	720,000	9,230,00		6.737.900,00	
CONCRETO DE 3000PSI	M3	1,400	611.616,00		856.262,40	
<b>SUB - TOTAL MATERIALES</b>						<b>\$ 7.594.162,00</b>
<b>3 - TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCION	DL. PESO o CAN	DISTANCIA	M3-KM	TARIFA	VALOR PARCIAL	
<b>SUB - TOTAL MANO DE OBRA</b>						
<b>4 - MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR PARCIAL	
5 OBREROS	25.000,00	25.000,000	50.000,00	0,26	192.307,69	
1 OFICIAL ELECTROMECANICO	50.000,00	50.000,000	100.000,00	0,26	264.615,38	
1 OFICIAL OBRAS CIVILES	45.000,00	45.000,000	90.000,00	0,26	234.153,85	
<b>SUB - TOTAL MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 923.077,00</b>
<b>VALOR COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 8.545.188,00</b>

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
SISTEMA GRID-TIED						
ITEM:	CABLE SOLAR 4MM2 RESISTENTE A LOS RAYOS UV					
<b>1 - EQUIPO</b>					<b>UNIDAD</b>	<b>ML</b>
DESCRIPCION	UND	VALOR	RENDIMIENTO	×	VALOR PARCIAL	
HERRAMIENTAS MENORES	GLB	6.500,00	0,110		724,00	
<b>SUB - TOTAL EQUIPOS</b>						<b>\$ 724,00</b>
<b>2 - MATERIALES</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	×	VALOR PARCIAL	
CABLE SOLAR 4MM2	ML	1,000	3.025,00		3.025,00	
<b>SUB - TOTAL MATERIALES</b>						<b>\$ 3.025,00</b>
<b>3 - TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCION	DL. PESO o CAN	DISTANCIA	M3-KM	TARIFA	VALOR PARCIAL	
<b>SUB - TOTAL MANO DE OBRA</b>						
<b>4 - MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR PARCIAL	
1 OBREROS	25.000,00	25.000,000	50.000,00	0,27	574,71	
1 OFICIAL ELECTROMECANICO	50.000,00	50.000,000	100.000,00	0,27	1.149,43	
<b>SUB - TOTAL MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 1.724,00</b>
<b>VALOR COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 5.473,00</b>

Fuente: (Heliosyst S.A., 2016)

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

#### SISTEMA GRID-TIED

<b>ITEM:</b>		<b>CONECTOR PARA CABLE SOLAR TIPO MC4</b>
--------------	--	---

1 - EQUIPO					UNIDAD	UND
DESCRIPCION	UND	VALOR	RENDIMIENTO	%	VALOR PARCIAL	
HERRAMIENTAS MENORES	GLB	3.200,00	0,052		166,00	
<b>SUB - TOTAL EQUIPOS</b>						<b>\$ 166,00</b>

2 - MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	%	VALOR PARCIAL	
CONECTOR PARA CABLE SOLAR TIPO MC4	UND	1,000	7.534,00		7.534,00	
<b>SUB - TOTAL MATERIALES</b>						<b>\$ 7.534,00</b>

3 - TRANSPORTE						
DESCRIPCION	DL. PESO o CAN	DISTANCIA	M3-KM	TARIFA	VALOR PARCIAL	
<b>SUB - TOTAL MANO DE OBRA</b>						

4 - MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR PARCIAL	
1 OBREROS	25.000,00	25.000,000	50.000,00	20,00	2.500,00	
<b>SUB - TOTAL MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 2.500,00</b>

Página 3

**VALOR COSTO DIRECTO**

**\$ 10.200,00**

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

#### SISTEMA GRID-TIED

<b>ITEM:</b>		<b>ELEMENTOS MENORES DE INSTALACION. (INTERCONEXION DE SISTEMA SOLAR A RED ELECTRICA DE LA PROPIEDAD INCLUYE CABLEADO, CANALIZACIONES, PROTECCIONES, ETC)</b>
--------------	--	---

1 - EQUIPO					UNIDAD	GLB
DESCRIPCION	UND	VALOR	RENDIMIENTO	%	VALOR PARCIAL	
HERRAMIENTAS MENORES	GLB	7.800,00	0,055		429,00	
<b>SUB - TOTAL EQUIPOS</b>						<b>\$ 429,00</b>

2 - MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	%	VALOR PARCIAL	
CABLE RIGIDO No 12	ML	100,00	12.300,00		1.230.000,00	
CANAleta PLASTICA	ML	100,00	24.590,00		2.459.000,00	
<b>SUB - TOTAL MATERIALES</b>						<b>\$ 3.689.000,00</b>

3 - TRANSPORTE						
DESCRIPCION	DL. PESO o CAN	DISTANCIA	M3-KM	TARIFA	VALOR PARCIAL	
<b>SUB - TOTAL MANO DE OBRA</b>						

4 - MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR PARCIAL	
4 OBREROS	100.000,00	100.000,000	200.000,00	0,40	500.000,00	
1 OFICIAL ELECTROMECHANICO	45.000,00	45.000,000	90.000,00	0,40	225.000,00	
<b>SUB - TOTAL MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 725.000,00</b>

**VALOR COSTO DIRECTO**

**\$ 4.414.429,00**

Fuente: (Heliosyst S.A., 2016)

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**SISTEMA GRID-TIED**

ITEM: TRANSPORTE DE EQUIPOS Y PERSONAL DE MONTAJE HASTA LA CIUDAD DE TUNJA-BOYACA

**1 - EQUIPO**

DESCRIPCION	UND	VALOR	RENDIMIENTO	⊘	UNIDAD	GLB
DESCRIPCION	UND	VALOR	RENDIMIENTO	⊘	VALOR PARCIAL	
HERRAMIENTAS MENORES	GLB	11.700,00	0,340		3.978,00	

SUB - TOTAL EQUIPOS **\$ 3.978,00**

**2 - MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	⊘	VALOR PARCIAL

SUB - TOTAL MATERIALES

**3 - TRANSPORTE**

DESCRIPCION	DL. PESO o CAN	DISTANCIA	M3-KM	TARIFA	VALOR PARCIAL
EQUIPOS Y PERSONAL DE MONTAJE	1,00	425,00	425,00	15.600,00	6.630.000,00

SUB - TOTAL MANO DE OBRA **\$ 6.630.000,00**

**4 - MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR PARCIAL

SUB - TOTAL MANO DE OBRA

VALOR COSTO DIRECTO **\$ 6.633.978,00**

Página 4

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**SISTEMA GRID-TIED**

ITEM: INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA PROPUESTO

**1 - EQUIPO**

DESCRIPCION	UND	VALOR	RENDIMIENTO	⊘	UNIDAD	GLB
DESCRIPCION	UND	VALOR	RENDIMIENTO	⊘	VALOR PARCIAL	
HERRAMIENTAS MENORES	GLB	16.980,00	0,810		13.754,80	

SUB - TOTAL EQUIPOS **\$ 13.754,00**

**2 - MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	⊘	VALOR PARCIAL
SOTWARE ESPECIALIZADO	HR	6,000	543.800,00		3.262.800,00

SUB - TOTAL MATERIALES **\$ 3.262.800,00**

**3 - TRANSPORTE**

DESCRIPCION	DL. PESO o CAN	DISTANCIA	M3-KM	TARIFA	VALOR PARCIAL

SUB - TOTAL MANO DE OBRA

**4 - MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR PARCIAL
1INGENIERO ELECTRICO	60.000,00	60.000,000	120.000,00	0,05	2.400.000,00

SUB - TOTAL MANO DE OBRA **\$ 2.400.000,00**

VALOR COSTO DIRECTO **\$ 5.676.554,00**

Fuente: (Heliosyst S.A., 2016)

**Anexo 12.** Datos del Flujo Efectivo de Operación (FEO) a 25 años, para calcular el VPN

<b>Año</b>	<b>VALOR FEO</b>	<b>Año</b>	<b>VALOR FEO</b>	<b>Año</b>	<b>VALOR FEO</b>
1	\$1.784.256	11	\$2.906.365	21	\$4.734.162
2	\$1.873.469	12	\$3.051.683	22	\$4.970.870
3	\$1.967.142	13	\$3.204.267	23	\$5.219.414
4	\$2.065.499	14	\$3.364.481	24	\$5.480.385
5	\$2.168.774	15	\$3.532.705	25	\$5.754.404
6	\$2.277.213	16	\$3.709.340		
7	\$2.391.074	17	\$3.894.807		
8	\$2.510.627	18	\$4.089.547		
9	\$2.636.159	19	\$4.294.025		
10	\$2.767.967	20	\$4.508.726		

Fuente: elaboración propia

**Anexo 13.** Valores obtenidos en el desarrollo de la fórmula VPN, para los 25 años

<b>Año</b>	<b>VALOR FEO</b>	<b>Año</b>	<b>VALOR FEO</b>	<b>Año</b>	<b>VALOR FEO</b>
1	\$1.784.269	11	\$2.906.378	21	\$4.734.162
2	\$1.873.481	12	\$3.051.696	22	\$4.970.870
3	\$1.967.155	13	\$3.204.280	23	\$5.219.414
4	\$2.065.512	14	\$3.364.493	24	\$5.480.385
5	\$2.168.787	15	\$3.532.717	25	\$10.683.974
6	\$2.277.226	16	\$3.709.353		
7	\$2.391.086	17	\$3.894.820		
8	\$2.510.640	18	\$4.089.560		
9	\$2.636.171	19	\$4.294.037		
10	\$2.767.979	20	\$4.508.739		

Fuente: elaboración propia