

**ANÁLISIS EN LA EJECUCIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICO EN UNA VIVIENDA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

MIGUEL ÁNGEL ARDILA OLIVEROS

Monografía Dirigida por el Docente

JULIÁN FRANCISCO FIGUEROA ESPINEL

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

2017

RESUMEN

En esta monografía se analiza y se evalúa la implementación de un sistema de energía solar en una vivienda de la ciudad de Bogotá, como fuente de energía renovable. Esto con el fin de hacer un estudio teórico-práctico, donde se muestran las características ambientales, sus avances, y la utilización progresiva de energías alternativas a nivel mundial, demostrando su durabilidad a través del tiempo. Para ello se tiene en cuenta las ventajas y desventajas de su aplicación. Además se encuentra la disponibilidad de estos servicios en la ciudad de Bogotá, indagando sus precios y accesibilidad de materiales para la implementación del sistema, determinando sus costos de inversión y mantenimiento de este tipo de energía en una vivienda de la ciudad de Bogotá. Con el fin de generar proyectos que incentiven el uso de energías limpias, generando cambios de paradigmas en las empresas industrializadas y viviendas de la capital del país.

Se explora los antecedentes que tiene la implementación de estos sistemas energéticos en diferentes organizaciones de Colombia, los tratados más importantes aplicados al cuidado del medio ambiente y las organizaciones que aprueban dicha utilización. Sustrayendo información de vital importancia para destacar su viabilidad, durabilidad, administración, participación en el mercado, entre otros.

Se aplica un estudio comparativo entre la energía convencional y la energía solar fotovoltaica, destacando su calidad, funcionalidad, y amigabilidad con el medio ambiente, mostrando sus principales características y evaluarlas.

ABSTRACT

This monograph analyzes and evaluates the implementation of a solar energy system in a housing in the city of Bogotá, as a source of renewable energy. This in order to make a theoretical-practical study, showing the environmental characteristics, their progress, and the progressive use of alternative energy worldwide, demonstrating their durability over time. This takes into account the advantages and disadvantages of its application. In addition, the availability of these services in the city of Bogotá, investigating their prices and accessibility of materials for the implementation of the system, determining their costs of investment and maintenance of this type of energy in a housing in the city of Bogota. In order to generate projects that encourage the use of clean energy, generating paradigm shifts in industrialized companies and housing in the country's capital.

It explores the antecedents of the implementation of these energy systems in different Colombian organizations, the most important treaties applied to the care of the environment and the organizations that approve such use. Subtracting information of vital importance to highlight its viability, durability, management, market share, among others.

A comparative study is applied between conventional energy and photovoltaic solar energy, highlighting its quality, functionality, and friendliness with the environment, showing its main characteristics and evaluating them

CONTENIDO

1.	CAPÍTULO I. PRESENTACIÓN	1
1.1	Introducción	1
1.2	Planteamiento del problema	4
1.3	Pregunta de investigación	7
1.4	OBJETIVOS	7
1.4.1	Objetivo General	7
1.4.2	Objetivos Específicos.....	7
1.5	Justificación	8
1.6	Hipótesis.....	13
1.7	Desarrollo Metodológico	14
2.	CAPÍTULO II. REFERENTES TEÓRICOS	15
2.1	Antecedentes	15
2.2	Revisión de la literatura	18
2.2.1	Acuerdo Internacional Estatuto de la Agencia de Energías renovables (IRENA)	18
2.2.2	Aspectos económicos del desarrollo sostenible en Colombia.....	19
2.3	Proyectos donde se ha implementado la energía solar en Colombia	22
2.3.1	Primer colegio con energía solar en el país.....	22
2.3.2	Universidad Autónoma de Occidente le apuesta a la Energía Solar	22
2.3.3	Institución pública Ramón B. Jimeno en Bogotá abastecido 100% con energía solar	22
2.3.4	Fundación centro experimental las Gaviotas	23
2.4	Marco Teórico	24
2.4.1	Fuentes de energía renovables	24
2.4.1.1	<i>Energías alternativas</i>	24
2.4.1.2	<i>Energía solar</i>	24
2.4.1.3	<i>Energía solar Activa</i>	25
2.4.1.4	<i>Energía solar Pasiva</i>	25

2.4.1.5 Energía fotovoltaica	25
2.4.1.6 Energía Termosolar	26
2.4.1.7 Energía Eólica	26
2.4.1.8 Energía Biomasa	27
2.4.1.9 Energía Hidráulica	27
2.4.1.10 Conversión técnica de alta temperatura	27
2.4.2 Componentes de un sistema solar fotovoltaico	28
2.4.2.1 Paneles solares monocristalinos	28
2.4.2.2 Paneles solares policristalinos	28
2.4.2.3 Celdas solares tipo amorfo	29
2.4.2.4 Regulador de carga Solar	29
2.4.2.5 Inversor fotovoltaico	30
2.4.2.6 Potencia	30
2.4.3 Responsabilidad Social Empresarial (RSE)	31
2.4.3.1 Energía Sostenible	31
2.4.3.2 Eficiencia Energética	31
2.4.3.3 Desarrollo Sostenible	31
2.4.3.4 Responsabilidad Social	31
2.4.3.5 Eficacia	32
2.4.3.6 Eficiencia	32
2.4.4 Propuestas de consumo energético autosostenible	33
2.4.4.1 Protocolo Kioto	33
2.4.4.2 PROURE (Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía)	33
2.4.5 Fenómenos naturales que afectan la generación de energía en Colombia	34
2.4.5.1 Fenómeno del Niño	34
2.4.6 Marco Legal	34
2.4.6.1 Ley 1715 del 2014	34

2.4.6.2 Ley 697/2001	35
3. CAPÍTULO III. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN BOGOTÁ	36
3.1 Ventajas de la energía fotovoltaica	36
3.2 Desventajas de la energía fotovoltaica	37
4. CAPÍTULO IV. EMPRESAS DEDICADAS AL SERVIVIO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN BOGOTÁ	39
4.1 Disponibilidad de Empresas Dedicadas a la Implementación de Sistemas Solares Fotovoltaicos en Bogotá	39
4.2 Programas académicos enfocados en la energía solar.....	42
4.3 Empresas que financian la proliferación de energías renovables.....	42
5. CAPÍTULO V. VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN UNA VIVIENDA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ.....	44
5.1 Gasto Promedio de Energía Convencional en Bogotá	44
5.2 Distribución de estratos en Bogotá	45
5.3 Energía Solar Fotovoltaica en una Vivienda de Bogotá	49
5.3.1 Mapa de Brillo Solar en Colombia.....	49
5.4 ¿Cuántos paneles fotovoltaicos son necesarios para producir energía en una vivienda promedio en Bogotá?	51
5.5 Costo del sistema solar fotovoltaico	54
5.6 Amortización del Sistema de Energía Solar Fotovoltaica.....	56
6. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES	58
6.1 Análisis de los Resultados.....	58
6.2 Conclusiones	61
6.3 Anexos	63
6.3.1 Anexo 1. Google Maps	63
6.3.2 Anexo 2. Radiación Solar NASA (Bogotá)..	64

6.3.3 Anexo 3. Amortización del sistema de energía solar fotovoltaico según Alta Ingeniería del siglo XXI (80% de financiación, basados en los costos del ejercicio)	65
6.4 Referencias	68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N°1. Evolución del consumo de energía proveniente de las actividades económicas y sector hogares Colombia	9
Gráfico N°2. Fuentes de generación de producción de electricidad mundial del 2010	10
Gráfico N°3. Emisiones de gases de invernadero (GEI), por las ramas del sector económico en Colombia.	11
Gráfico N°4. Distribución de la estratificación en Bogotá	45
Gráfico N° 5. Mapa de brillo solar en Colombia	50
Gráfico N°6. Porcentaje de vivienda en Bogotá	53
Gráfico N°7. Porcentaje de los servicios de las viviendas en Bogotá	54

LISTA DE TABLAS

Tabla N°1. Potencial de la energía solar en Colombia, por regiones.	17
Tabla N°2. Principales acciones para la reducción de CO ₂ en el ambiente colombiano	20
Tabla N° 3. Principales empresas que ofrecen el servicio de instalación de energía fotovoltaica.	40
Tabla N° 4. Información suministrada por GIE S.A.S.	41
Tabla N° 5. Tarifas de energía eléctrica (\$/kWh) reguladas por la comisión de regulación de energía y gas (GERG) enero del 2016	46
Tabla N°6. Tarifa residencial promedio Bogotá	47
Tabla N° 7. Proyección estimada a 10 años del uso de energía Convencional	48
Tabla N°8. Costos de implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico, basado en la empresa Alta Gerencia del siglo XXI	55
Tabla N° 9. Datos préstamo sistema solar fotovoltaico	56

LISTA DE IMÁGENES

Imagen N°1. Componentes de un sistema de energía solar fotovoltaica	25
Imagen N°2. Panel solar monocristalino	28
Imagen N°3. Panel solar policristalino	29
Imagen N°4. Regulador de carga solar	30
Imagen N°5. Inversor fotovoltaico	30

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIACIONES

ABC	Análisis Costo Beneficio
C	Carbono
CH ₄	Metano
CIER	Comisión de Integración Energética Regional
CO ₂	Dióxido de Carbono
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
COP	Pesos Colombianos
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EAB	Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá
EEB	Empresas de Energía de Bogotá
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EPM	Empresas Públicas de Medellín
EPSA	Empresa de Energía del Pacífico
FN CER	Fuentes no Convencionales de Energía Renovable
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIEN	Grupo de Investigación de Energías
ICEL	Instituto colombiano de Energía Eléctrica
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

Instituto de planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las

IPSE	Zonas no Interconectadas
IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables
kWh	Kilovatio/Hora
MJ	MegaJulio
MME	Ministerio de Minas y Energía
MW	Megavatio
PROURE	Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
UAO	Universidad Autónoma de Colombia
TWh	Teravatio/Hora
Wp	Vatio pico

1. CAPÍTULO I. PRESENTACIÓN

1.1 Introducción

El calentamiento global y el mal uso de los recursos limitados, ha generado que el promedio de vida se disminuya constantemente, debido al inminente deterioro que se genera en el planeta. Las emisiones de gases de invernadero, perjudican la salud de los humanos y animales, generando enfermedades, pandemias, infecciones y la muerte en su defecto, dando una esperanza de vida mínima.

Colombia ha participado en diversos tratados que tienen como fin la erradicación de la contaminación a nivel mundial, puesto que este país representa el 0,46% de la contaminación total, cifra que ha aumentado a casi una unidad en seis años. El crecimiento de la contaminación en Colombia, un país en vía de desarrollo, obedece a la continua deforestación, el uso indebido de la energía no renovable y las actividades agrícolas insalubres. Esto genera un sinnúmero de problemas ambientales que afecta el entorno en el que vivimos (Betancur, 2015).

Las fuentes de energía provenientes de recursos limitados son unos de los agentes más contaminantes en el mundo.

Según la IPCC (2011) “la utilización de combustibles de origen fósil en todo el mundo, ha aumentado hasta convertirse en el suministro de energía predominante, situación que ha dado lugar a un rápido aumento de las emisiones del dióxido de carbono (CO₂)” (p. 20).

El uso de recursos limitados en la actualidad, se ha convertido en un medio indispensable para el funcionamiento de la industria y la vida en sí misma, pero el uso excesivo de estos elementos ha desencadenado un impacto negativo en el planeta. Colombia, es un país comprometido con el uso de energías renovables. En las últimas décadas, el país ha firmado tratados que tienen como fin la erradicación de la contaminación y la emisión de gases de invernadero. Por ejemplo, la reducción en un 20% de las emisiones de gases de invernadero para el 2030, utilizando energías renovables como herramienta para contrarrestar los agentes contaminantes en el territorio nacional, tales como la energía eólica y solar, un proyecto inspirado en el protocolo Kioto (Ministerio de ambiente, 2016b). Colombia ha estado de acuerdo en diversos tratados ambientales, donde se quiere mitigar los gases de invernadero y propiciar el uso de energías limpias que reduzcan los niveles de contaminación actuales en el mundo (Yuan, 2016).

La energía solar es una fuente alterna que favorece el entorno en el que vivimos, este tipo de potencia es un recurso ilimitado, puesto que la energía del sol es inagotable. El uso de esta alternativa energética ayuda al medio ambiente, gracias a sus bajas emisiones de agentes contaminantes que afectan nuestro entorno.

Siendo este un recurso por explorar en el territorio colombiano, se han detectado importantes hallazgos que favorecen y desfavorecen su aplicación, ya que la electricidad emitida debe ser constante.

Según el instituto para las Soluciones Energéticas, diferentes empresas en Colombia han incursionado en la inversión y utilización de energías limpias para sus labores comerciales e industriales, en el año 2016, la nación sufrió un fenómeno natural (fenómeno del niño),

donde la producción energética a base de recursos limitados entro en crisis. Aproximadamente 70 empresas extranjeras iniciaron proyectos y estudios para implementar la energía solar en sus organizaciones, siendo este tipo de energía un tema por explorar en la nación. (Cañas, 2016).

En este trabajo de investigación, se estudiará la viabilidad de aplicación de un sistema energético solar en una vivienda de la ciudad de Bogotá. Para ello la información, antecedentes, noticias, revisiones, costos y proyectos relacionados con la energía solar en este sector, son de gran importancia para el estudio y la emisión de resultados.

1.2 Planteamiento del problema

Por años, el uso de recursos limitados ha sido un tema trascendente para el futuro de la humanidad. El manejo que se aplica a dichos recursos, desencadenó una vasta lista de problemas ambientales, económicos y políticos, que las compañías y ciudades por mucho tiempo han buscado la manera de resolver, puesto que ellas son protagonistas de este inmenso daño al medio ambiente.

Existen innumerables alternativas para reducir la contaminación causada por el uso de recursos limitados y a su vez ayudar al ecosistema. Entre ellas están las energías renovables, el reciclaje, la reutilización de desechos entre otros. Muchos países han aplicado innumerables proyectos y tratados ambientales que hoy en día son tendencia mundial, con resultados exitosos.

Según el Sistema Nacional de Información Ambiental - SINA (2010) “el protocolo Kioto es un tratado internacional, cuyo objetivo principal es lograr que para 2008-2012, los países desarrollados disminuyan sus emisiones de gases de efecto invernadero a un 5% menos del nivel de emisiones de 1990”(p.2).

Tratados como este, mejoran la calidad de vida de las ciudades más representativas del mundo, reduciendo material contaminante, creando alternativas más amigables con el ambiente y aumentando el promedio de vida de los habitantes.

Según la CEPAL, (2004), en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, se aplicó un acuerdo para la utilización de energías auto sostenibles, que tiene como objetivo, reducir el uso de energías no renovables y aumentar en un 10% el consumo de electricidad

amigable con el medio ambiente para el 2010. Según el texto se llevó a cabo con exitosos resultados en Latinoamérica y el Caribe, teniendo en cuenta que el uso de este tipo de energía era de carácter voluntario.

Varios países latinoamericanos como Chile, Brasil, Argentina entre otros, aceptaron el reto de aplicar diferentes alternativas en el uso de energías auto sostenibles. Dando resultados exitosos en su implementación. Reduciendo las emisiones de CO₂, a su vez otorgando una mayor calidad de vida y un próspero cuidado del medio en el que viven.

La implementación de este tipo de acuerdos, ha sido una alternativa positiva para las industrias, las corporaciones, viviendas y ciudades, porque se aprovecha mejor el recurso eléctrico, reduce la contaminación y sus costos a largo plazo se disminuyen considerablemente.

EL TIEMPO (2016) afirma “En Colombia, el mercado de la energía solar se incrementó un 25 por ciento en el 2015, respecto del 2014, al pasar de 177 a 227 gigavatios de potencia global instalada, diez veces el registro de hace una década”.

Grandes empresas colombianas han incursionado en la administración de fuentes eléctricas renovables amigables con el medio ambiente, tales como EPM (Empresas Públicas de Medellín), dando exitosos resultados de auto sostenibilidad, reducción de costos a largo plazo y disminución de emisiones de CO₂ en el ambiente (Grupo EPM, 2014). Además no han descartado la implementación de paneles fotovoltaicos en viviendas de la ciudad de Bogotá, causante de una gran contaminación después de las industrias.

La ubicación geográfica de Colombia es uno de los factores más importantes para la implementación y uso de energías solares autos sostenibles, puesto que su ubicación

pronostica un tramo constante de luz solar de aproximadamente 8 horas diarias. Es un excelente sitio para la utilización de energía solar, dado que los paneles solares tendrían un amplio abastecimiento de energía (CVN, 2016).

El consumo energético de los hogares capitalinos en Colombia ha aumentado en los últimos 10 años, siendo estos unos de los agentes más contaminantes después de las industrias en el país. La demanda energética se ve reflejada por un amplio consumo de artefactos electrónicos y el consumo exagerado de la energía. El uso energético residencial, representa el 40% del consumo energético total en la ciudad, demostrando que es un porcentaje determinante en el gasto energético de la capital del país (UPME, 2016, p.10).

Bogotá es una de las mayores consumidoras de energía a nivel doméstico en Colombia, puesto que su consumo se divide en el uso de luminarias, electrodomésticos, calentadores de agua, apartados electrónicos (Computadores, televisores, telefonía, internet) entre otros. Además su número de hogares y familias explican sus altos niveles de consumo energético.

El estudio financiero, la instalación, implementación y administración de energía solar en una vivienda de Bogotá, es el propósito de esta investigación. Encontrando aspectos positivos, negativos, sus probabilidades de aplicación financieras y su administración a largo plazo. Esto con el fin de crear una alternativa amigable con el medio ambiente.

1.3 Pregunta de investigación

¿Cuál es la viabilidad de implementar una estructura energética solar eficiente en una vivienda de la ciudad de Bogotá?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

1. Evaluar la viabilidad técnica y financiera de un sistema eléctrico residencial basado en energía solar fotovoltaica, para estudios de implementación.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Determinar los aspectos favorables y desfavorables de la implementación de un sistema de energía solar en Bogotá.
2. Evaluar la disponibilidad de los insumos necesarios y del personal técnico especializado para la implementación de sistemas de energía solar en la ciudad de Bogotá.
3. Identificar la relación de costos en la implementación de un sistema eléctrico solar residencial y su sostenibilidad a mediano plazo, comparándolo con los sistemas de energía convencional.

1.5 Justificación

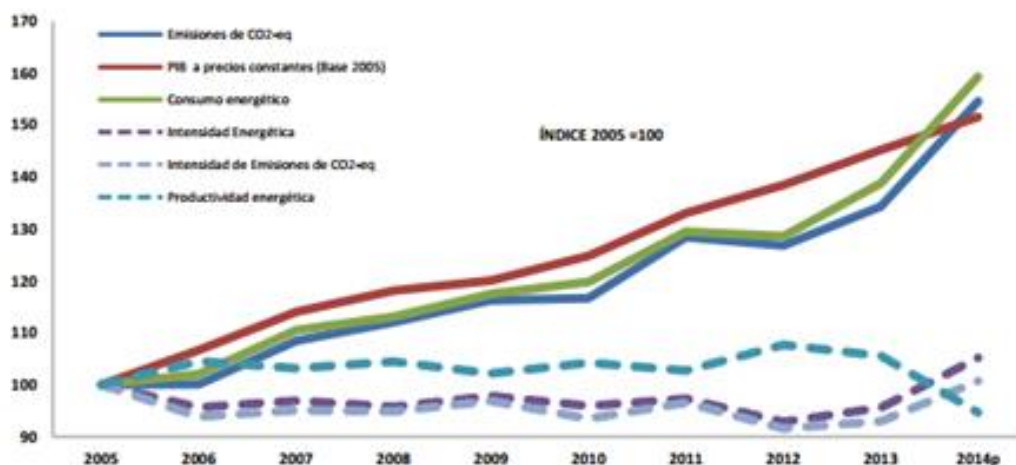
Las actuales tendencias mundiales y el cambio climático han cambiado la forma de pensar de las organizaciones, el cuidado del medio ambiente y la reducción de costos en servicios energéticos, obligan a las compañías a buscar sistemas eléctricos autosustentables y de larga durabilidad en Colombia. Pero la aplicación de estas estructuras amigables con el medio ambiente, son una incertidumbre en gran parte del territorio nacional por su desconocimiento.

Colombia podría ser una potencia al servicio de energías alternativas. Gracias a su ubicación geográfica y su clima, se está trabajando en la aplicación de diversas fuentes energéticas amigables con el medio ambiente. Para la ejecución de estos grandes sistemas, es necesaria la inversión de agentes públicos y privados, para ejecutar proyectos que incentiven el uso de energías autosostenibles. El 40% de la energía del país es abastecida por recursos limitados (restos fósiles convertidos en petróleo, el uso del carbón entre otros) y el 60% restante de la energía es abastecida por las hidroeléctricas (un recurso abundante y más limpio), destruyendo grandes zonas forestales, debido a las construcciones de represas, eliminando bosques y reservas naturales (CVN, 2016).

En la actualidad, el uso del servicio energético en Colombia va en aumento, debido al crecimiento incesante de las industrias y las corporaciones. La alta demanda de este servicio, ha generado la destrucción de muchas zonas forestales, por la búsqueda, recolección y extracción de minerales, para la producción de energía. En la siguiente

gráfica, observaremos la evolución del consumo de la energía en los hogares y las industrias en Colombia.

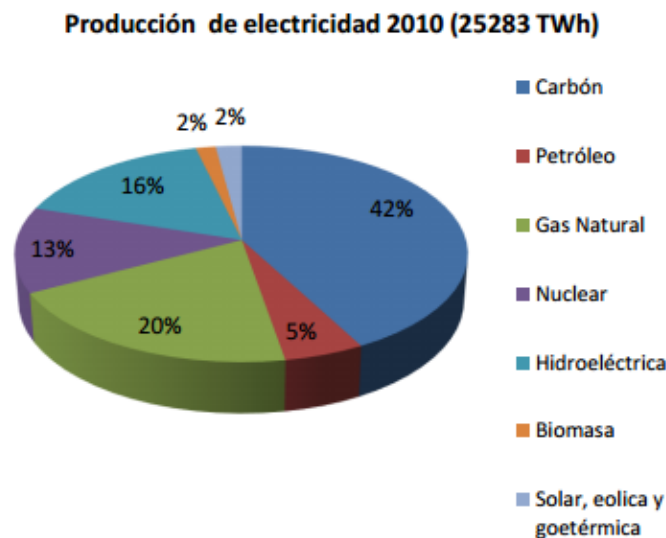
Gráfico N°1. Evolución del consumo de energía proveniente de las actividades económicas y sector hogares Colombia



Fuente: DANE (2016).

En la gráfica anterior, se evidencia que la producción de energía es directamente proporcional a los precios de este recurso, por ello la producción de gases contaminantes se eleva a través el tiempo por su demanda en crecimiento. Los costos que se derivan de la elaboración de energía ascienden constantemente, derivado del encarecimiento de la transformación energética. La producción de dióxido de carbono (CO_2) y el consumo energético, contamina el medio ambiente, dándose a entender que las organizaciones son las mayores demandantes de este recurso y a su vez las más contaminantes (DANE, 2016).

Grafico N°2. Fuentes de generación de producción de electricidad mundial del 2010



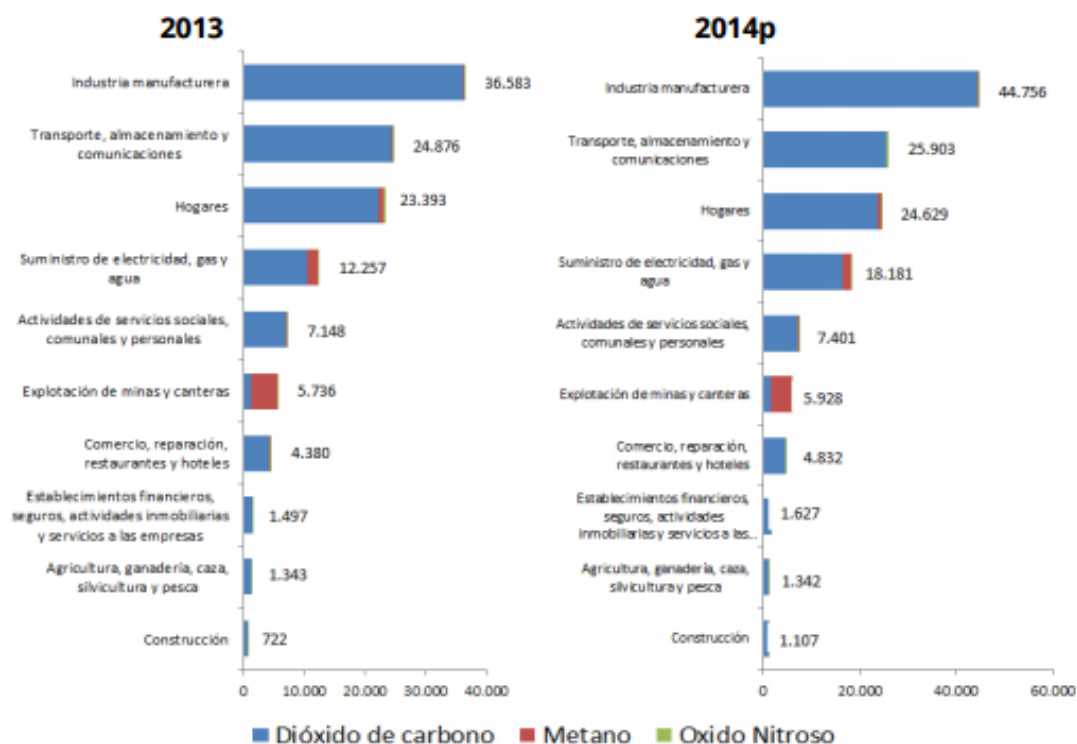
Fuente: Fedesarrollo (2013).

Los recursos limitados son los mayores productores de energía en el mundo, en el gráfico N°2, se observa que la electricidad es representada en un 80% de la producción de energía mundial en 2010. La energía sostenible y amigable del medio ambiente (Biomasa, Hidroeléctrica, solar, eólica y geotérmica) representa un 20%, generando 5.056 TWh (Teravatio/Hora). El carbón representa el 42% del total de la producción energética, un recurso limitado y contaminante, produciendo 10.618,86 TWh (Fedesarrollo, 2013). La búsqueda por nuevas fuentes de energías limpias y auto sostenibles es el santo grial para la economía mundial, el medio ambiente y las corporaciones industrializadas.

Pocas empresas han incursionado en la implementación de energías renovables en Colombia, como lo es el caso de EPM, que implementó un sistema de energía renovable (sistema de energía eólica) en la Guajira, demostrando resultados satisfactorios en su

aplicación, aportando a la comunidad, generando oportunidades de empleo, crecimiento económico y cuidando el medio ambiente (EPM, 2017).

Gráfico N°3. Emisiones de gases de invernadero (GEI), por las ramas del sector económico en Colombia.



Fuente: DANE (2016)

Según el gráfico N°3, las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) registraron en el año 2014p en las actividades de industria manufacturera un volumen de 44.756 CO₂-eq; para las de transporte, almacenamiento y comunicaciones el volumen fue de 25.903 CO₂-eq; y para el sector hogares un volumen de 24.629 CO₂-eq; estos volúmenes corresponden a un incremento respecto al año anterior del 22,3%, 4,1% y 5,3% respectivamente (DANE, 2016, p.7).

Como podemos observar, la energía producida en Colombia es distribuida en diversas ramas para su abastecimiento. Entre ellas encontramos las industrias, el transporte y los hogares, siendo estos los tres grupos más grandes de producción contaminante en el país.

La aplicación de un sistema energético solar en cualquier espacio de alta demanda energética en Bogotá, es un reto financiero y un apoyo ecológico para el sector donde se implemente, generando alternativas que incentiven al desuso de energías apoyadas con recursos limitados. La energía solar fotovoltaica es una herramienta que facilitaría el uso de energías renovables en Colombia, sus paneles de energía absorben los rayos del sol, convirtiéndolos en electricidad almacenada para su posterior uso (APPA, 2009).

Encontrar la viabilidad de aplicación de una estructura energética solar en una vivienda de la ciudad Bogotá, es el fin de esta investigación. Dando consigo una respuesta ambiental y financiera, que dé como resultado la fundamentación del estudio, otorgando alternativas energéticas autosustentables, que reduzcan los costos energéticos en Bogotá.

1.6 Hipótesis

En una vivienda de la ciudad de Bogotá es posible implementar un sistema de autoabastecimiento energético que supla todas las necesidades del usuario, siendo dicho sistema autosostenible y cuya fuente generadora es amigable con el medio ambiente (energía solar); la implementación de dicho sistema es económicamente viable con soporte técnico disponible y eficiente.

1.7 Desarrollo Metodológico

Para la realización de esta investigación, se implementará una metodología exploratoria junto con una metodología explicativa, guiado por el texto metodología de la investigación de Roberto Hernández Sampieri. Donde se mostrará la viabilidad en la aplicación de un sistema de energía solar fotovoltaico en la ciudad de Bogotá, Teniendo como herramientas el uso de antecedentes, textos que confirman el uso de energías renovables en la ciudad de Bogotá, proyectos empresariales basados en el uso de energías alternativas, encuestas telefónicas e investigaciones que informarán aspectos como los costos del sistema, la utilidad a largo plazo, la existencia de otros productos energéticos renovables en la zona, las diferencias entre las energías autosustentables y energías convencionales entre otras. Teniendo un enfoque cualitativo, donde se analizará la certeza de la hipótesis planteada.

Se asignará un marco teórico, donde se explicará la terminología desconocida, con el fin de tener una mayor comprensión del texto junto con una revisión literaria, donde se encontrará información trascendental de proyectos distritales y de empresas que hayan implementado sistemas de energía autosustentables en la nación, para contextualizar al lector de la presente monografía.

Para el cumplimiento de los objetivos, se buscará la efectividad de la implementación de un sistema de energía solar en la ciudad de Bogotá, partiendo de un estudio corto de la capacidad energética que tiene un panel solar fotovoltaico (Uso de energía solar almacenada por una batería), la radiación solar diaria que se percibe en la capital del país y el espacio destinado para almacenar los paneles solares, para un óptimo aprovechamiento del mismo.

2. CAPÍTULO II. REFERENTES TEÓRICOS

2.1 Antecedentes

En Colombia, la energía solar se implementó desde los años 60, teniendo como origen la instalación de paneles solares, utilizados para calentar el agua de los tanques. Esta propuesta tiempo después fue validada y estudiada por la Universidad de los Andes, La Universidad Nacional, entre otras. El ejercicio constaba de diferentes paneles solares implantados en edificios e instalaciones distritales, con el fin de otorgar agua caliente sin necesidad de la energía convencional. Uno de los primeros sistemas solares fue implementado en el antiguo edificio del acueducto en Bogotá, en ciudad Salitre, y el barrio Tunal, calentando más de 120.000 litros de agua potable. En 1996 se menciona que se habían instalado aproximadamente 48.901 m² de calentadores solares, principalmente en las ciudades de Bogotá y Medellín, financiado por el Banco Central Hipotecario. Pero su uso se fue reduciendo, debido a que sus resultados no fueron los más óptimos y su inversión inicial rondaba los \$1.000 USD, un sistema costoso para su época. La incursión de un sistema de energía solar fotovoltaico fue implementado a mediados de los años 80, donde se demostró que este tipo de energía era muy factible en zonas rurales, debido a que la energía convencional no llegaba a la totalidad del país y existía el riesgo de una escasez energética, debido al costoso tratamiento de la energía. La aplicación de estos paneles reduce a largo plazo el costo de la misma, siendo un tipo alternativo de energía confiable y económica a largo plazo. (Murcia, 2008).

Estas actividades surgieron con el Programa de Telecomunicaciones Rurales de Telecom a comienzos de los años 80, con la asistencia técnica de la Universidad Nacional. En este

programa se instalaron pequeños generadores fotovoltaicos de 60 Wp (Wp: vatio pico) para radioteléfonos rurales y ya en 1983 habían instalados 2 950 de tales sistemas (Murcia, 2008, p.86).

Colombia recientemente ha ingresado a la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena), donde el objetivo de esta organización es la búsqueda incesante de electricidad alternativa. Se estima que para los años próximos, el país tendrá una inversión del 50% en energías limpias y alternativas, estimadas del presupuesto eléctrico anual. Donde un 60% de esta inversión es utilizada por las hidroeléctricas, debido al abundante liquido en el territorio y el 40% restante, será implementado en la energía solar. Colombia está ubicado sobre la línea ecuatorial, esto quiere decir que recibe una energía solar constante en diferentes zonas del territorio, teniendo una radiación media de 4,5 Kwh/m², donde unas de las áreas con mayor abastecimiento de luz solar es en el departamento de la Guajira, que recibe un aproximado de 6 Kwh/m², equivalente a 78.000 paneles solares instalados, donde el 57% es abastecido en electricidad rural y el 43% restante en telecomunicaciones y señalizaciones de tránsito (La República, 2012).

Diversas empresas de telecomunicaciones en los años 80 y 90 implementaron sistemas solares fotovoltaicos, estos sistemas comprendían de celdas que almacenaban la energía absorbida por el sol y se depositaba en una batería donde su uso podía prolongarse a través del tiempo, tanto fue su uso que entre 1985 y 1994 se importaron a Colombia 48.999 módulos solares, generando una potencia significativa de 2.05 MWP (mega vatio pico). 21.238 módulos solares utilizado para las telecomunicaciones, 20.839 módulos para la electrificación rural. En la ejecución de estos sistemas auto sostenibles, se logró observar en una muestra de 248 sistemas, que el 56% de los módulos funcionaban perfectamente, el 37% de los mismos funcionaban con algunos fallos encontrados y el 8% restante no

funcionaban en lo absoluto. Como conclusión, la falta de un mantenimiento consecutivo y un suministro de repuestos y herramientas adecuado, causo daños irreparables en los módulos. Un estudio del IDEAM (Instituto de Estudios Ambientales), demuestra el potencial anual de la energía solar en Colombia. Para el estudio, se dividen las 5 regiones existentes en el país, donde se posiciona la región con mayor recaudo de energía solar visto en la siguiente tabla (Murcia, 2008).

Tabla N°1. Potencial de la energía solar en Colombia, por regiones.

Región del País	Radiación solar (kWh/ m2/ Año)
Guajira	2000 – 2100
Costa Atlántica	1730 – 2000
Orinoquía-Amazonía	1550 – 1900
Región Andina	1550 – 1750
Costa Pacífico	1450 – 1550

Fuente: (Murcia, 2008).

Según la tabla N°1, La Guajira es la zona donde se emite mayor absorción de la radiación solar en Colombia, teniendo un aproximado de 2.100 (kWh/ m2/ Año), esto quiere decir que la aplicación de un sistema solar fotovoltaico en la Guajira es absolutamente viable. Para la región Andina que es una de las regiones con mayor densidad poblacional en Colombia, su variabilidad climática genera una disminución en la emisión de energía solar anual, para la proliferación de energías autosostenibles (Murcia, 2008).

2.2 Revisión de la literatura

2.2.1 Acuerdo Internacional Estatuto de la Agencia de Energías renovables (IRENA)

El Congreso de la República de Colombia para el año 2013, aprobó el acuerdo Internacional Estatuto de la Agencia de Energías Renovables (IRENA), este acuerdo fue declarado constitucional por la corte constitucional, bajo la sentencia C-332 de 2014. Se aprobó mediante la ley 1665 de 2013. Esto significa que Colombia es el país número 136 en pertenecer a esta institución, que tiene como fin la proliferación de energías amigables con el medio ambiente (renovables) en todo el territorio nacional, contribuyendo a la protección y conservación del medio ambiente, reduciendo la utilización de recursos limitados en el territorio Colombiano en su defecto (Activo Legal, 2013).

Según el Ministerio de Minas y Energía, pertenecer a IRENA es un aspecto positivo para el futuro energético del país. Por ejemplo, esta agencia ayudará a la implementación de programas de desarrollo de la industria de hidrocarburos y de biocombustibles, también a la diversificación de fuentes alternativas de gas natural, a la diversificación de abastecimiento de energía entre otros, Incrementando la competitividad de Colombia frente a los demás países (Activo Legal, 2013, p2).

Activo Legal (2013) afirma que “el Ministerio de Minas y Energía mencionó que el país desarrolla políticas de energía renovable. Según el último estudio realizado en 2009, el 25% de las fuentes de energía en Colombia son renovables, de estas el 64% proviene de las hidroeléctricas”.

Colombia se encuentra en la obligación de generar un cambio progresivo en cuanto al uso de energías renovables en el territorio. La aprobación del acuerdo con IRENA, implica unas obligaciones específicas para el cumplimiento en la aplicación de sistemas de energía amigables con el medio ambiente, tales como: la energía solar fotovoltaica, térmica, hidráulica (satisfactoriamente aplicada), eólica, entre otras. Además este tratado se enfatiza en el uso de energías renovables en las zonas tropicales de la nación, esto quiere decir que el uso de estas energías verdes disminuirá la explotación de pozos petroleros, la ejecución de minas de carbón en zonas rurales y la contaminación de bosques y zonas verdes.

2.2.2 Aspectos económicos del desarrollo sostenible en Colombia

Los organismos encargados de adoptar las decisiones sobre cooperación internacional y asistencia para el desarrollo sostenible son principalmente, la Agencia Colombiana de Cooperación Internacional, creada en 1996, y la Oficina de Cooperación del Ministerio de Ambiente. Estas entidades se basan en las recomendaciones y solicitudes de las autoridades colombianas relacionadas, como el Ministerio de Ambiente, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Transporte y Ministerio de Relaciones Exteriores, los cuales tienen injerencia en este asunto y potestad de tomar decisiones al respecto (UN, 2015).

La ONU establece una cooperación internacional a los países que se encuentran inmersos en la proliferación de energías sostenibles en sus soberanías. Estas iniciativas son respaldadas por el Sistema Nacional Ambiental y el proyecto colectivo Nacional en Colombia, las cuales apoyan la integración y cooperación en la aplicación de energías sostenibles en las 5 diferentes regiones de Colombia, la movilización de recursos

financieros para la energía sostenible (energía solar y eólica), la mundialización y liberación del comercio de elementos que apoyan la sostenibilidad energética (UN, 2015).

En la siguiente tabla observaremos las principales oportunidades que tiene la nación con respecto al cuidado del medio ambiente, a la proliferación de energías verdes y disminución de agentes contaminantes en la nación.

Tabla N°2. Principales acciones para la reducción de CO₂ en el ambiente colombiano

SECTOR	PRINCIPALES OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN
Agrícola, Forestal y Cambios de uso del suelo	Reducción de la deforestación.
	Plantaciones forestales comerciales y sistemas agroforestales
	Restauración ecológica (restauración, rehabilitación y recuperación).
	Sistemas agroforestales con alto potencial de captura de carbono.
	Mejores prácticas de fertilización (cultivos de papa y arroz).
	Ganadería sostenible (sistemas silvopastoriles intensivos, pastoreo racional).
Energía	Modelos más eficientes de uso del suelo; ordenamiento territorial.
	Eficiencia energética en sectores de demanda, transformación y producción.
	Sistemas de redes inteligentes.
	Portafolio de energías renovables.
	Esquemas de generación con fuentes no convencionales y sistemas híbridos más estrategias de eficiencia energética para zonas no interconectadas.
	Reducción de pérdidas de transporte de energía.
Industria	Participación de demanda mediante esquemas de precios y de incentivos.
	Captura y almacenamiento de carbono.
	Eficiencia energética (calderas, hornos, motores).
Industria	Sustitución de carbón por biomasa y en general introducción de combustibles de menos carbono intensidad.

Desarrollos tecnológicos en los procesos productivos.	
Transporte	Estándares de rendimiento y conducción verde.
	Renovación de la flota.
	Vehículos eléctricos; uso de combustibles de menor carbono intensidad.
	Promoción del transporte público; sistemas públicos de bicicletas; desincentivos al uso del transporte privado; cobros por congestión;
	Transporte multimodal (fluvial y férreo).
Vivienda	Optimización transporte carga.
	Eficiencia energética e introducción de energéticos más limpios (sustitución de bombillos incandescentes; mejora en eficiencia de aires acondicionados y estufas a gas natural; reemplazo y chatarrización de neveras; uso de energía solar).
	Renovación de vivienda.
	Materiales y mejores técnicas de diseño y construcción.
Residuos	Ciudades sostenibles.
	Aprovechamiento de residuos sólidos (compostaje).
	Captura y quema de metano en rellenos sanitarios.
	Captura y quema de metano en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

Fuente: Ministerio de Ambiente (2016).

Estas son algunas estrategias implantadas por el Ministerio de Ambiente del estado colombiano, para mitigar las emisiones de CO₂ para el año 2030 según el tratado firmado con el protocolo kioto.

Podemos observar que el uso de energías eficientes es uno de los principales objetivos a cumplir, la energía es un eje fundamental para que los demás sectores puedan cumplir con sus expectativas de reducción de agentes contaminantes en el país.

2.3 Proyectos donde se ha implementado la energía solar en Colombia

2.3.1 Primer colegio con energía solar en el país

La Institución Educativa Martinica en la zona rural de Montería, se convirtió en la primera en contar con un sistema autónomo de energía solar que le permitirá abastecerse a cero costo. La instalación de los 16 paneles solares que garantizan energía 24 horas al establecimiento educativo estuvo a cargo de la Alcaldía de Montería en una apuesta por incentivar el uso de energía limpia (Correa, 2016).

2.3.2 Universidad Autónoma de Occidente le apuesta a la Energía Solar

El proyecto de energía fotovoltaica coordinado por el Grupo de Investigación de Energías – GIEN – apoyado por la universidad y desarrollado gracias a la alianza con la empresa de energía del pacífico, Epsa, cuenta con 638 paneles solares distribuidos en zonas estratégicas del campus que además permitan generar sombras sobre los techos y los suelos de los parqueaderos reduciendo el consumo de aire acondicionado en estos sectores. La UAO (Universidad Autónoma de Occidente) que se consolida como una de las pioneras en la investigación en el uso de esta tecnología, cuenta con un sistema de evaluación de diferentes tecnologías en paneles solares que se encuentran en el mercado colombiano y con una estación hidroclimatológica, para así poder realizar investigaciones de los módulos fotovoltaicos ante altos niveles de polución y radiación (Guía solar, 2016).

2.3.3 Institución pública Ramón B. Jimeno en Bogotá abastecido 100% con energía solar

La capital de Colombia, Bogotá, también empieza mostrar avances importantes en el uso de energía solar. Durante el mes de mayo del 2015 fue inaugurado el Colegio Ramón

B. Jimeno de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá – EAB – Esta institución cuenta con 100% de iluminación producida con energía solar gracias a la instalación de 148 paneles solares. La inversión que realizó la EAB lo convierte en uno de los pioneros en el cumplimiento de la ley 1715 de 2014 (Guía solar, 2016).

2.3.4 Fundación centro experimental las Gaviotas

Esta fundación sin ánimo de lucro que recibió el Premio Mundial del Medio Ambiente, desde sus inicios ha propuesto modelos de energía alternativa. Las primeras instalaciones de calentadores solares fueron realizadas con el apoyo de esta fundación que se ha dedicado a explorar y desarrollar tecnologías innovadoras. Un proyecto de vida integral y un buen ejemplo de sostenibilidad (Centro las Gaviotas, 2009).

2.4 Marco Teórico

2.4.1 Fuentes de energía renovables

2.4.1.1 *Energías alternativas*

El Centro virtual de noticias CVN (2016) afirma que “las energías alternativas o renovables son las que se aprovechan directamente de recursos considerados inagotables como el sol, el viento, los cuerpos de agua, la vegetación o el calor interior de la tierra” (p.1).

Colombia puede aplicar diversas fuentes de energía renovable, puesto que sus características geográficas y climáticas lo permiten. Entre estos tipos de energía se encuentran la energía solar, energía eólica, energía de biomasa, energía geotérmica, energía hidráulica entre otros. Pero las fuentes de energía alternativas más viables son: la energía eólica y la energía solar.

2.4.1.2 *Energía solar*

La Energía solar es la que llega a la tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del Sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema foto térmico) y por conversión fotovoltaica (Miñarro, 2016, p.1).

2.4.1.3 Energía solar Activa

Erenovable (2015) afirma, “La energía solar activa utilizan sistemas como ventiladores o bombas para almacenar la energía. Este tipo de energía solar se puede utilizar para calefacción o como calentador de agua” (p.1).

2.4.1.4 Energía solar Pasiva

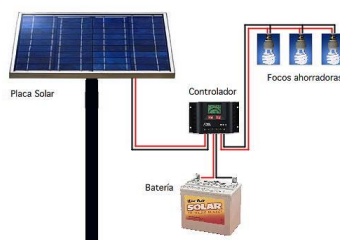
Erenovable (2015) afirma que “Es el conjunto de infraestructuras encaminadas a obtener la energía directamente del sol, sin transformar. No emiten ningún tipo de gases que contribuyan al efecto invernadero y la energía puede ser consumida en el momento o acumulada para aprovecharla en el futuro (p.3).

2.4.1.5 Energía fotovoltaica

APPA (2009) afirma:

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores (p.1).

Imagen N°1. Componentes de un sistema de energía solar fotovoltaica



Fuente: DeltaVolt, (2015).

2.4.1.6 Energía Termosolar

Conocemos desde hace más de un siglo los principios de la radiación solar concentrada para crear altas temperaturas y convertirla en electricidad, pero sólo se explota comercialmente desde mediados de los años 80. Las primeras plantas de energía solar térmica de concentración a gran escala se construyeron en el desierto californiano de Mojave (EEUU). En muy poco tiempo, la tecnología ha confirmado ser una enorme promesa tecnológica y económica ya que tiene una gran ventaja: un enorme recurso renovable, el sol, y muy pocas desventajas. En algunas regiones con regímenes solares similares a California, la energía solar térmica concentrada ofrece las mismas oportunidades que los grandes parques eólicos marinos de Europa. La energía solar térmica de concentración para la generación bruta de electricidad es una de las tecnologías más idóneas para frenar el cambio climático de una manera asequible y para reducir el consumo de combustibles fósiles. Las centrales de ESTC pueden operar almacenando calor o combinando la generación con combustible (biomasa, gas o carbón); generan energía incluso cuando no brilla el sol (Greenpeace, 2009).

2.4.1.7 Energía Eólica

Según CVN (2016) la energía eólica “Es aire en movimiento, una forma indirecta de la energía solar, este movimiento de las masas de aire se origina por diferencia de temperatura causada por la radiación solar sobre la tierra” (p.2).

2.4.1.8 Energía Biomasa

La CVN (2016) afirma que “la biomasa es cualquier material de tipo orgánico proveniente de seres vivos que puede utilizarse para producir energía. Se produce al quemar biomasa, como madera o plantas” (p.2).

2.4.1.9 Energía Hidroeléctrica

National Geographic (2013) afirma que “la energía hidroeléctrica es electricidad generada aprovechando la energía del agua en movimiento. La lluvia o el agua de deshielo, provenientes normalmente de colinas y montañas, crean arroyos y ríos que desembocan en el océano”.

2.4.1.10 Conversión técnica de alta temperatura

Miñarro (2016) afirma que “La conversión técnica de alta temperatura, consiste en transformar la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido. Para calentar el líquido se emplean unos dispositivos llamados colectores” (p.10).

Este tipo de energía es frecuentemente usado en zonas donde los niveles de luz solar son constantes, como por ejemplo en Colombia. Las inversiones iniciales para la implementación de un sistema energético fotovoltaico son altas, pero el retorno de inversión y su auto sostenibilidad a largo plazo, son efectivas, dando una característica altamente positiva, reduciendo costos y ayudando al medio ambiente.

2.4.2 Componentes de un sistema solar fotovoltaico

2.4.2.1 Paneles solares monocristalinos

Este tipo de celda tiene una estructura cristalina ordenada, con cada átomo idealmente situado en una posición pre-ordenada y muestra un comportamiento predecible y uniforme. El silicio pasa a través de varios ciclos de filtración intensiva lenta con la energía y los procesos de separación y por lo tanto es el tipo más costoso de silicio (Esco-Tel, 2013).

Imagen N°2. Panel solar monocristalino



Fuente: Autosolar, (2016).

2.4.2.2 Paneles solares policristalinos

Este tipo de celda contiene varias regiones de silicio cristalino que se mantienen juntas a través de un enlace covalente y separados por límites de grano. El silicio pasa a través de un menor número de ciclos de filtración intensiva de energía que los procesos de separación de las células monocristalinas y por lo tanto son un material menos costoso para los fabricantes (Esco-Tel, 2013).

Imagen N°3. Panel solar policristalino

Fuente: Sialsol home (2016).

2.4.2.3 Celdas solares tipo amorfo

Este tipo de celda tiene un arreglo incluso menos regular de los átomos, que dan lugar a enlaces colgantes y varias lagunas donde la recombinación puede tener lugar. El silicio puede ser fabricado en cualquier forma o tamaño y puede ser producido, en teoría, a precios muy bajos (Esco-Tel, 2013).

2.4.2.4 Regulador de carga Solar

El regulador de carga se utiliza en sistemas de energía solar fotovoltaica autónomas. También se le puede llamar controlador de carga. Su función es controlar que la carga y la descarga de las baterías se realicen de forma correcta, regulando la tensión que se les suministra. Si la batería ya está llena es peligroso seguir suministrando energía (Energía solar, 2015).

Imagen N°4. Regulador de carga solar



Fuente: Energía solar. (2015).

2.4.2.5 Inversor fotovoltaico

Según Sunfields (2017) “Los inversores estáticos utilizan, para efectuar la conmutación, dispositivos semiconductores de potencia, los cuales funcionan únicamente de dos modos: modo corte (off) y modo saturación (on). Por ello, la señal alterna de salida que se obtiene es cuadrada”.

Imagen N°5. Inversor fotovoltaico



Fuente: Energía Solar Fotovoltaica. (2016).

2.4.2.6 Potencia

Según Gispert (1996) “La potencia es la capacidad de ejecutar una cosa o producir un efecto” (p.2781).

2.4.3 Responsabilidad Social Empresarial (RSE)

2.4.3.1 Energía Sostenible

El PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2016) “apoya y promueve una transformación del mercado del sector de la energía a través de una serie de intervenciones en políticas, finanzas, creación de capacidades y concientización. Promoviendo las inversiones que ayudan a obtener productos y servicios de energía sostenible” (p.3).

2.4.3.2 Eficiencia Energética

La Eficiencia Energética (EE) es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Ser eficientes con el uso de la energía significa “hacer más con menos o al menos con lo mismo”, es aprovechar en forma más completa y funcional la energía sin disminuir la calidad de vida de los usuarios finales (Energía de Bogotá, 2011, p.1).

2.4.3.3 Desarrollo Sostenible

La UNESCO (2007) afirma que el desarrollo sostenible es “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades” (p.1).

2.4.3.4 Responsabilidad Social

La responsabilidad social empresarial (RSE) se define como los comportamientos de negocio basados en valores éticos y principios de transparencia que incluyen una estrategia

de mejoramiento continuo en la relación entre la empresa y sus partes, relación que incluye clientes, proveedores, socios, consumidores, medio ambiente, comunidades, el gobierno y la sociedad en general. Corresponde a una estrategia de negocios enfocada a incrementar la rentabilidad, competitividad y la sostenibilidad, sirviendo como parte de un nuevo modelo de desarrollo sostenible. El concepto de RSE puede incorporar derechos humanos, medidas de anticorrupción, el medio ambiente, condiciones laborales y actividades dentro de comunidades por medio de alianzas con organizaciones de sociedad civil (Ministerio de Educación Nacional, 2006).

2.4.3.5 Eficacia

La “eficacia” significa “virtud, actividad, fuerza y poder para obrar”. Aplicando estas definiciones a las políticas y programas sociales, la eficacia de una política o programa podría entenderse como el grado en que se alcanzan los objetivos propuestos. Un programa es eficaz si logra los objetivos para que se diseñara. Una organización eficaz cumple cabalmente la misión que le da razón de ser. Para lograr total claridad sobre la eficacia, hace falta precisar lo que constituye un “objetivo”. Particularmente, necesitamos estipular que un objetivo bien definido explicita lo que se busca generar, incluyendo la calidad de lo que se propone (CEPAL, 1999).

2.4.3.6 Eficiencia

La eficiencia es “virtud y facultad para lograr un efecto determinado”. En las aplicaciones de eficiencia al análisis de políticas, la eficiencia típicamente se asocia con una relación entre medios y fines. Se propone que un programa es eficiente si cumple sus objetivos al menor costo posible (CEPAL, 1999).

2.4.4 Propuestas de consumo energético autosostenible

2.4.4.1 Protocolo Kioto

Este protocolo compromete a los países industrializados a estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero. La Convención por su parte solo alienta a los países a hacerlo. El PK, fue estructurado en función de los principios de la Convención. Establece metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de Gases Efecto Invernadero GEI que hay actualmente en la atmósfera, y que son el resultado de quemar combustibles fósiles durante más de 150 años (Ministerio de Ambiente, 2016a, p.1).

Estos protocolos y tratados, aparecen tras el daño excesivo que se está evidenciando en el planeta, dando diversas alternativas para contrarrestar el daño ambiental, partiendo de la reducción de emisiones de dióxido de carbono, buscando energías alternativas y generando conciencia a las personas, países, estados y compañías que se vieron implicadas con este tema.

2.4.4.2 PROURE (*Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía*)

Se orientan fundamentalmente a la disminución de la intensidad energética, al mejoramiento de la eficiencia energética de los sectores de consumo y la promoción de las fuentes no convencionales de energía, en función de la identificación de los potenciales y la definición de metas por ahorro energético y participación de las fuentes y tecnologías no convencionales en la canasta energética del país. Adicionalmente la disponibilidad de los recursos energéticos y el comportamiento de la demanda y su relación con la productividad

de los sectores estratégicos, la intensidad energética, la calidad de vida de la ciudadanía y la disminución de los gases de efecto invernadero, se constituyen en elementos de política como propósito fundamental del PROURE (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

Diferentes organismos han implementado este tipo de energía en sus edificaciones, fabricas, productoras, entre otros, con resultados satisfactorios, aumentando su productividad, reduciendo costos a largo plazo y cambiando el mundo en el que vivimos.

2.4.5 Fenómenos naturales que afectan la generación de energía en Colombia

2.4.5.1 Fenómeno del Niño (2010)

El Instituto Nacional de Energía Agropecuaria afirma que el fenómeno del niño es un patrón climático recurrente que implica cambios en la temperatura de las aguas en la parte central y oriental del Pacífico tropical. En períodos que van de tres a siete años, las aguas superficiales de una gran franja del Océano Pacífico tropical, se calientan o enfrían entre 1 ° C y 3 ° C, en comparación a la normal. Este calentamiento oscilante y el patrón de enfriamiento, es conocido como el ciclo ENOS (o ENSO por sus siglas en Ingles), afectando directamente a la distribución de las precipitaciones en las zonas tropicales y puede tener una fuerte influencia sobre el clima en los otras partes del mundo. (INTA, 2010).

2.4.6 Marco Legal

2.4.6.1 Ley1715 del 2014

La presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema

energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda (Secretaría del Senado, 2016).

2.4.6.2 Ley 697/2001

Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. Decreto 3683/2003(UPME, 2008).

- Se declara el URE como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.
- Fuentes no convencionales de energía: aquellas fuentes de energía disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente.
- Se crea el Programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales (UPME, 2008).

3. CAPÍTULO III. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN BOGOTÁ

3.1 Ventajas de la energía fotovoltaica

Bogotá tiene ventajas para la implementación de sistemas eléctricos fotovoltaicos, teniendo en cuenta su condición geográfica, su iluminación diaria, el uso diario de energía promedio de las viviendas, el apoyo económico que brinda el gobierno a las empresas que apliquen el sistema entre otros.

Pero a su vez existen complicaciones y desventajas en su implementación, como por ejemplo la inversión inicial y sus costos.

Entre sus aspectos favorables, encontramos lo siguientes aspectos, basados en la información de Erenovable (2015).

1. Una de las ventajas más determinantes y a su vez más importantes, es que este tipo de energía no contamina el medio ambiente. Es un tipo de energía que no emite gases contaminantes como las convencionales (Petrólicas, gas natural, carbón, nucleares y en algunos pequeños aspectos la energía hidroeléctrica).
2. El mantenimiento de los paneles utilizados para captar la energía solar, son fáciles de limpiar y sencillos de reemplazar.
3. Este tipo de energía genera independencia de otras naciones para suministrar energía a países que carecen de ella. Por ejemplo la importación de energía de un país productor de la misma.

4. Este tipo de energía puede fácilmente instalarse en el tejado de un hogar, así que no necesita más espacio invertido en la implementación del sistema en una vivienda promedio.
5. El sistema de energía solar fotovoltaico reducirá sus costos de aplicación a través del tiempo, debido a su masificación ya que, aumentarán los precios de las energías convencionales por su continuo agotamiento (petróleo, carbón, gas natural).
6. Es una inversión que se logra amortizar a través del tiempo, además este tipo de energía no necesita de ningún combustible escaso en la actualidad.
7. La fuente energética solar es un componente inagotable, debido que la energía solar tiene una funcionalidad de millones de años.
8. La producción de este tipo de energía renovable, promueve la generación de empleo, necesario para la producción de industrias y empresas especializadas en la creación de elementos y mantenimiento de instalaciones eléctricas fotovoltaicas.
9. La producción de energía solar fotovoltaica está en continuo crecimiento, la concientización de los hogares, el gobierno, las industrias y las empresas poco a poco apuestan más por el uso de energías limpias e ilimitadas.
10. Es un sistema que no necesita de cableados eléctricos extensos, es idóneo para fincas, zonas rurales apartadas de las ciudades, principalmente las costas.

3.2 Desventajas de la energía fotovoltaica

1. Una de las desventajas más importantes es su inversión inicial, debido a que muchos consumidores no estarían dispuestos a pagar un monto de dinero tan alto, en el caso de los hogares, recuperar la inversión ronda aproximadamente los 10 años después de su implementación.

2. Otro aspecto que desfavorece la implementación de un sistema fotovoltaico, es el miedo de la población en sustituir una energía convencional por el uso de energías autosuficientes.
3. La radiación solar fluctúa de una zona a otra, las estaciones del año dificulta la eficiente recaudación de energía necesaria, para ser utilizada con eficiencia.
4. En algunas ocasiones este tipo de energía debe tener un complemento o soporte adicional para aprovechar más la energía, teniendo sistemas energéticos convencionales fusionados con energías renovables, generando energía híbrida.

4. CAPÍTULO IV. EMPRESAS DEDICADAS AL SERVICIO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN BOGOTÁ

4.1 Disponibilidad de Empresas Dedicadas a la Implementación de Sistemas

Solares Fotovoltaicos en Bogotá

Actualmente en Bogotá existen empresas que ofrecen servicios de instalación, mantenimiento y solución de diversos sistemas de energías autosostenibles y amigables con el medio ambiente. Los sistemas que frecuentemente se instalan, son de energía solar en la capital del país, pero este tema sigue siendo desconocido e inexplorado para muchos potenciales clientes. Dando prioridad a las desventajas.

Uno de los grandes conflictos es su inversión inicial, puesto que es una considerable suma de dinero la que está en juego. Pero esta inversión se verá retribuida a mediano y largo plazo, ya que sus costos disminuirán considerablemente y solo se tendría en cuenta el cambio de alguna pieza o artefacto.

La ciudad de Bogotá es un nuevo nicho de mercado en proceso de exploración, las empresas que ofrecen estos servicios en la ciudad son nuevas y su trabajo está en proceso de garantía.

Algunas empresas como Ambiente A&Teconologías S.A.S, ofrecen efectividad y eficiencia en la prestación del servicio, dan diferentes garantías como un mínimo de energía mensual, dan apoyo por medio de auditorías y estudios previos a la implementación. Si existen problemas o dificultades con el sistema, la misma empresa corre con los gastos de electricidad del hogar, también en el caso contrario el excedente energético lo venden y dividen ganancias entre la empresa y el cliente (Ambiente A&T, 2017).

A continuación observaremos algunas empresas que ofrecen estos productos y servicios, con el fin de conocer un poco más del panorama de la energía solar en Bogotá.

Tabla N° 3. Principales empresas que ofrecen el servicio de instalación de energía fotovoltaica.

Empresa	Logo	Productos y servicios	Dirección	Aporte
GIE S.A.S		Ejecución de tecnologías limpias y eficientes; energía solar (térmica y fotovoltaica)	Calle 111 N. 51-30, Bogotá	Hotel Bogotá Plaza
My Green Tec		Producción de energía solar, alumbrado público.	Carrera 11 # 61-72 oficina 101	Farolas solares
Ambiente A&Tecnología SAS		Soluciones ambientales, Energía solar, tratamiento de aguas	No tiene	No registra
Alta Ingeniería		Energía solar, termodinámica	Cll 7 N° 31-78	Empresas Agrícolas
Solen Technology		Energía solar	Av Calle 82 # 7-42	Turbinas solares Nestlé

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 3, se observan diversas empresas que ofrecen servicios de instalación y mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos, también se encuentran sus aportes más representativos y sus actividades económicas. Como por ejemplo, la empresa GIE S.A.S es una organización que se especializa en la instalación, mantenimiento y creación de proyectos en sistemas solares fotovoltaicos eficientes. Uno de sus aportes más notables es la instalación de paneles policristalinos en el Hotel Bogotá Plaza, donde se implementó

una cantidad considerable de paneles, que son utilizados para la iluminación del exterior del hotel con energía autosustentable.

Para la investigación, se tuvo en cuenta la información que suministro la empresa GIE S.A.S, con el fin de corroborar y garantizar esta monografía. Además se comparó la información suministrada con las suposiciones hechas en los costos investigados por otras empresas (Alta Ingeniería del siglo XX1). Se hizo una cotización telefónica, donde se suministraron datos importantes para el estudio y análisis de los resultados, vistos en la tabla N°4.

Tabla N° 4. Información suministrada por GIE S.A.S.

GIE S.A.S	
Nombre:	Ing. Camilo Pabón
Ext:	108
Sistema fotovoltaico que ofrece la empresa	
Potencia de paneles	250 w
Batería	No tiene
Conexión	Red eléctrica
Energía consumida en el hogar (mes)	152 Kwh
N° de paneles a utilizar	3
N° de inversores	2
N° de reguladores	2
Inversión (Aprox)	7.000.000
Sistema cobijado por la ley 1715 del 2014	

Fuente: Elaboración propia, basados en la información de GIE S.A.S.

Los datos suministrados por la empresa en la tabla anterior tienen similitud con la información investigada, fortaleciendo más el propósito de esta monografía. Para realizar el estudio financiero, se tuvo en cuenta esta información, con el fin de ser corroborada. Se cotizaron sus costos, calidad y durabilidad del servicio.

4.2 Programas académicos enfocados en la energía solar

En Bogotá existen Universidades e Institutos técnicos que capacitan a las personas que quieren reparar y vender estos tipos de productos, los preparan técnicamente para arreglar, crear y realizar mantenimiento de todos los instrumentos que componen los sistemas de energía solar.

Un ejemplo de las instituciones que prestan este tipo de capacitación es el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), donde se aplican pequeñas capacitaciones, donde se explica todo lo que tiene que ver son sistemas de energías autosostenibles, especialmente la energía solar. En estos cursos se adopta la instalación y el mantenimiento de tales sistemas (Portafolio, 2014).

La Universidad Jorge Tadeo Lozano tiene cursos de sistemas de energía solar fotovoltaica, donde se capacita por 30 horas a los futuros técnicos de estos sistemas, además estos cursos van dirigidos a ingenieros y administradores de empresas para la venta y creación de empresas de los mismos (UTadeo, 2017).

4.3 Empresas que financian la proliferación de energías renovables.

Además de las empresas que ofrecen estos productos y servicios, existen fiduciarias que apoyan estos tipos de energía autosostenibles, dando créditos para que las organizaciones y particulares tengan más alternativas para implementarlas. El director del programa Estratégico Nacional de Gestión Integral de Energía (Sgie), menciona que en los últimos 5 años los sistemas de energía sostenible se han posicionado y sus créditos también. Las fiduciarias como Bancoldex, tiene a su disposición líneas de negocio que promueven las energías verdes, para ello dispone de 45 mil millones de pesos en financiamiento de crédito

y proyectos estructurales de energía solar fotovoltaica. Colaborando a empresas y particulares con el apoyo financiero pertinente para la implementación de sistemas de energía solar. Las demás plataformas financieras como los Bancos, mencionan que estos tipos de proyectos son muy riesgosos por su desconocimiento, pero está en una vía de crecimiento, apoyando a la diversificación de energías en el país. Pero para que esto se logre masificar, se es necesario más apoyo gubernamental, mayor difusión de créditos y apoyos financieros, acompañamientos y asesorías (Prias, 2015).

5. CAPÍTULO V. VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN UNA VIVIENDA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

5.1 Gasto Promedio de Energía Convencional en Bogotá

Según EPM, esta es la energía que consume un hogar promedio en Bogotá:

1. Uso de seis bombillos ahorradores de 60 vatios, durante 28 horas por semana, consumen en total 13,44 kilovatios en un mes.
2. Tres televisores de 32 pulgadas tiene una potencia de 80 vatios, usándolo 21 horas por semana, consume 18,48 kilovatios al mes.
3. Una plancha con potencia de 900 vatios, usándola tres horas y media por semana consume 16,8 kilovatios al mes.
4. Una nevera de ocho pies, con una potencia de 124 vatios, siempre vive encendida, 168 horas a la semana, consume 40,32 kilovatios al mes.
5. Una lavadora con potencia de 600 vatios, usada tres horas y media semanales, consume 4,62 kilovatios.
6. Una licuadora con una potencia de 400 vatios, encendida durante una hora y 12 minutos semanales, consume en el mes 15,68 kilovatios.
7. Una estufa pequeña (de dos puestos) de 2.500 vatios de potencia, encendida 28 horas a la semana consume 42 kilovatios por mes.

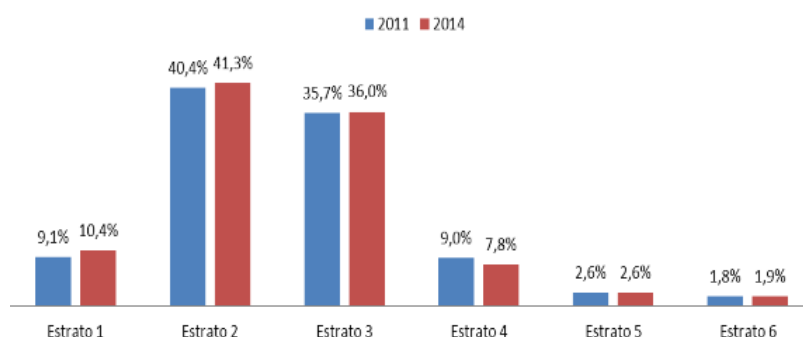
Así esta familia consumiría un total de 151,9 aproximado a 152 kilovatios por mes.

Según EPM (2017) afirma “que una persona consume en promedio 38 kWh mes (kilovatios hora mes). Es decir que para una familia de cuatro personas, el promedio de consumo mensual debe ser **152 kWh** mes de energía”.

5.2 Distribución de estratos en Bogotá

Según el censo inmobiliario catastral a Diciembre del 2012, el número de inmuebles residenciales es de 1.536.506 predios, estos se encuentran distribuidos en 45.113 manzanas de las cuales el 86% cuentan con viviendas en su interior, distribuidas en todas las localidades. De esa cantidad de predios en Bogotá, el 10,4% pertenece al estrato 1, el 36,0% corresponde a estrato 3; 41,3% a estrato dos; 7,8% al estrato 4; 2,6% al estrato 5; y 1,9% al estrato 6. Esto quiere decir que el 67% del total de la población en Bogotá corresponde al estrato 2 y 3, vistos en la gráfica N°4 (Secretaria de Planeación, 2012).

Gráfico N°4. Distribución de la estratificación en Bogotá



Fuente: Dinero (2016).

Para promediar el valor de consumo mensual de la energía en Bogotá, primero se tiene en cuenta el costo mensual que se deriva del registro (factura) de consumo y su valor, explicados en la siguiente tabla.

Tabla N° 5. Tarifas de energía eléctrica (\$/kWh) reguladas por la comisión de regulación de energía y gas (GERG) enero del 2016

SECTOR RESIDENCIAL NIVEL DE TENSIÓN 1				
ESTRATO	RANGO DE CONSUMO (Kwh-mes)	PROPIEDAD DE CODENSA (\$/Kwh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/Kwh)	PROPIEDAD COMPARTIDA (*) (\$/Kwh)
E1	0-CS (+) Más de CS	176,5042 436,0578	163,4235 402,1075	173,0576 419,0627
E2	0- CS (+) Más de CS	220,6303 436,0578	204,2793 402,1075	216,3222 419,0627
E3	0- CS (+) Más de CS	370,6491 436,0578	341,7914 402,1075	356,2203 419,0627
E4	Todo consumo	436,0578	402,1075	419,0627
E5	Todo consumo	523,2694	482,529	502,8992
E6	Todo consumo	523,2694	482,529	502,8992

Fuente: Codensa. (2016).

De acuerdo con la tabla N°5, se muestran las tarifas para el año 2016 presentadas por CODENSA, se promedia el valor de todos los estratos (Promedio de los datos encerrados en el cuadro rojo de todos los meses del año), con el fin de tener un valor único por año para el estudio de viabilidad energética fotovoltaica (2015 y 2016). Al promediar estos datos lo multiplicamos por el promedio de uso energético de las viviendas en Bogotá.

Tabla N°6. Tarifa residencial promedio Bogotá

Tarifa Media Residencial en Bogotá				
Estratos	% Residencia	Tarifa Media 2014 \$ Kwh	Tarifa Media 2015 \$ Kwh	Tarifa media 2016 \$ Kwh
Estrato 1	10,40%	152,5	158,5	164,5
Estrato 2	41,30%	190,6	196,6	202,6
Estrato 3	36%	324,1	330,1	336,1
Estrato 4	7,80%	381,3	387,3	393,3
Estrato 5	2,60%	457,5	463,5	469,5
Estrato 6	1,90%	457,5	463,5	469,5
Total residencial	100%	327,25	333,25	339,25

Fuente: Andeg (2016).

En la tabla N°6, se muestra la tarifa residencial promedio en Bogotá, donde se logra evidenciar el valor por Kwh (Kilovatio/hora) de cada uno de los estratos. El total residencial es un ponderado, donde se aproxima el valor del Kwh de todos los estratos desde el año 2014 hasta el año 2016. Teniendo en cuenta en la tabla N°4, que el valor por Kwh (Kilovatio/Hora) para el año 2016, es de \$339,25COP aproximadamente. Al multiplicar el valor del Kilovatio/Hora del año 2016 por el total utilizado por vivienda en promedio (152), nos da un valor aproximado mensual de **\$51.566** pesos colombianos.

Tabla N° 7. Proyección estimada a 10 años del uso de energía Convencional

Tarifa Residencial en Bogotá													
Estratos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	\$ Kwh	\$ Kwh	\$ Kwh	\$ Kwh	\$ Kwh	\$ Kwh	\$ Kwh	\$ Kwh	\$ Kwh	\$ Kwh	\$ Kwh	\$ Kwh	\$ Kwh
Estrato 1	152,5	158,5	164,5	170,5	176,5	182,5	188,5	194,5	200,5	206,5	212,5	218,5	224,5
Estrato 2	190,6	196,6	202,6	208,6	214,6	220,6	226,6	232,6	238,6	244,6	250,6	256,6	262,6
Estrato 3	324,1	330,1	336,1	342,1	348,1	354,1	360,1	366,1	372,1	378,1	384,1	390,1	396,1
Estrato 4	381,3	387,3	393,3	399,3	405,3	411,3	417,3	423,3	429,3	435,3	441,3	447,3	453,3
Estrato 5	457,5	463,5	469,5	475,5	481,5	487,5	493,5	499,5	505,5	511,5	517,5	523,5	529,5
Estrato 6	457,5	463,5	469,5	475,5	481,5	487,5	493,5	499,5	505,5	511,5	517,5	523,5	529,5
Promedio residencial	327,25	333,25	339,25	345,25	351,25	357,25	363,25	369,25	375,25	381,25	387,25	393,25	399,25
Consumo promedio	140	146	152	158	164	170	176	182	188	194	200	206	212
Precio mensual	\$ 45.815	\$ 48.655	\$ 51.566	\$ 54.550	\$ 57.605	\$ 60.733	\$ 63.932	\$ 67.204	\$ 70.547	\$ 73.963	\$ 77.450	\$ 81.010	\$ 84.641

Fuente: Elaboración propia, basado en la información de Andeg. (2016).

En la tabla N° 7, se tiene una proyección estimada del consumo de energía por estrato durante 12 años, partiendo del año 2014. En la tabla se observa el valor Kwh (Kilovatio/Hora) promedio por estrato, con base a esa información, se multiplica el consumo aproximado por familia en Bogotá (152 Kwh), para obtener el costo de la energía mensual del año. Como por ejemplo, para el año 2016 el valor mensual promedio de energía para una vivienda en Bogotá es de \$51,566 pesos colombianos. Se presenta un incremento anual de 6 Kwh.

5.3 Energía Solar Fotovoltaica en una Vivienda de Bogotá

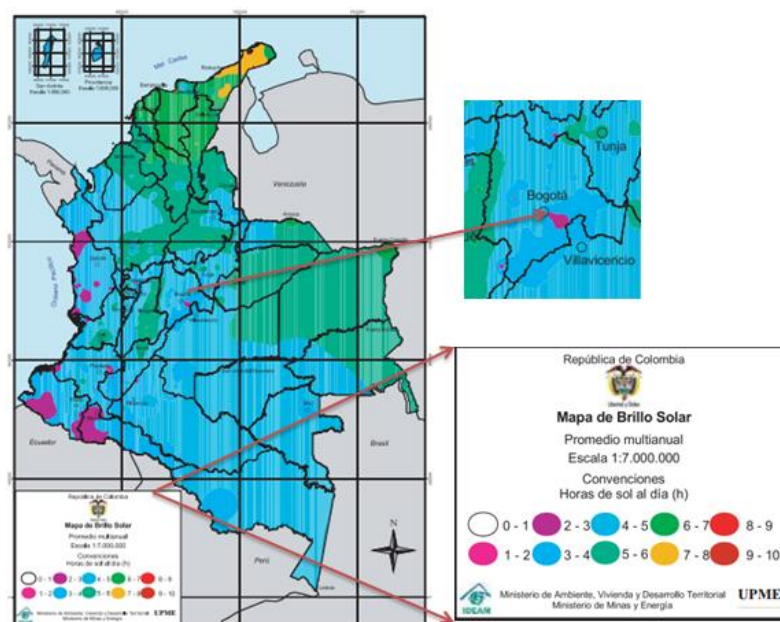
Para implementar un sistema de energía solar en Bogotá, debemos tener en cuenta varios aspectos para su instalación y aplicación. Primero debemos saber cuál es la intensidad solar diaria en la región de aplicación, saber cuántos paneles son necesarios para sustituir la energía convencional, cuáles son sus costos, las dimensiones del sistema aplicadas en el tejado, la capacidad de pago de la familia o individuos y el tiempo de amortización de la inversión inicial.

5.3.1 Mapa de Brillo Solar en Colombia

Mediante convenciones de colores, donde la variación desde el blanco hasta el rojo indica una mayor intensidad, se muestra una imagen –uno para cada mes del año y uno promedio anual–, se ilustra una aproximación de promedios anuales diarios del número de horas de sol, brillo solar, sobre el territorio colombiano. El valor suministrado corresponde al número de horas que en promedio durante un día de cada mes o año se puede el Sol observar en el cielo. Con relación a los trabajos anteriores, los nuevos mapas han permitido una mayor resolución y calidad, debido al incremento y mejoras de la información base, teniendo en cuenta principalmente elementos de la topografía del país, lo cual se puede

observar el comportamiento de las isosuperficies que reflejan la existencia de la cordillera andina (UPME, 2016).

Gráfico N° 5. Mapa de brillo solar en Colombia



Fuente: UPME. (2016).

Como podemos observar en el gráfico N°5, Bogotá recibe diariamente una iluminación solar aproximada de 4 a 5 horas. Quiere decir que la región andina recibe una radiación solar media en comparación con la región atlántica, que percibe una iluminación solar media alta en promedio en todo el año (6-7 horas al día).

Para hacer un estudio más aproximado de cuanta radiación en horas se tienen de Bogotá diariamente, se ubican las coordenadas en la página web de la NASA, inmediatamente se muestra la información solicitada por el usuario, como por ejemplo: La radiación solar

mensual, picos radiales y valles radiales (véase en el Anexo 2). La radiación solar, según la información suministrada por la NASA es de 4,91 horas diarias (NASA, 2017).

5.4 ¿Cuántos paneles fotovoltaicos son necesarios para producir energía en una vivienda promedio en Bogotá?

1. Para calcular la cantidad de paneles solares necesarios en una vivienda promedio de la ciudad de Bogotá, se debe tener en cuenta la sumatoria aproximada de la cantidad de Kilovatios usados al año, luego las dividimos por los días promedio de un mes (30,4).

Energía promedio mensual: 152 Kwh.

Dividido por un mes promedio: 30,4 días.

$(152 \text{ Kwh} / 30,4 \text{ días}) = 5 \text{ Kwh por día.}$

2. Se halla el promedio de horas luz emitidas en las zonas donde se implementará el sistema de energía solar fotovoltaico. Según el texto anterior emitido por el Ministerio de ambiente, Ministerio de vivienda, desarrollo territorial y el Ministerio de minas y energía, El promedio diario de luz emitida en Bogotá tiene un aproximado de 4 a 5 horas (4,5 horas). Pero siendo más precisos, la información suministrada por la NASA da un valor más exacto. Siendo de **4,91** horas.
3. Se multiplica los 5 Kwh diarios por 1000, para convertir los Kwh (Kilovatios hora) en W (Vatios).

$(5 \text{ Kwh} * 1000) = 5000 \text{ W.}$

4. Basados en la información de Alta ingeniería del siglo XXI, un panel solar de óptima calidad, recauda por hora 265 W.

Con esta información, se multiplican las horas de radiación solar diarias emitidas en Bogotá (4,91 horas), por la energía que produce un solo panel solar KYOCERA de 265 W por hora.

$$(4,91 \text{ horas} * 265 \text{ W}) = 1301,15 \text{ W por día.}$$

Esto quiere decir, que un solo panel de 265 W de potencia, recauda aproximadamente cada día una energía de 1301,15 W.

5. Para saber cuántos paneles de energía solar fotovoltaica se necesitan para suplir las necesidades de una familia promedio en Bogotá, que consume 152 Kwh mes, dividimos los 5000 W día, por la energía producida por un panel de 265 W KYOCERA en la capital del país (1301,15 W día).

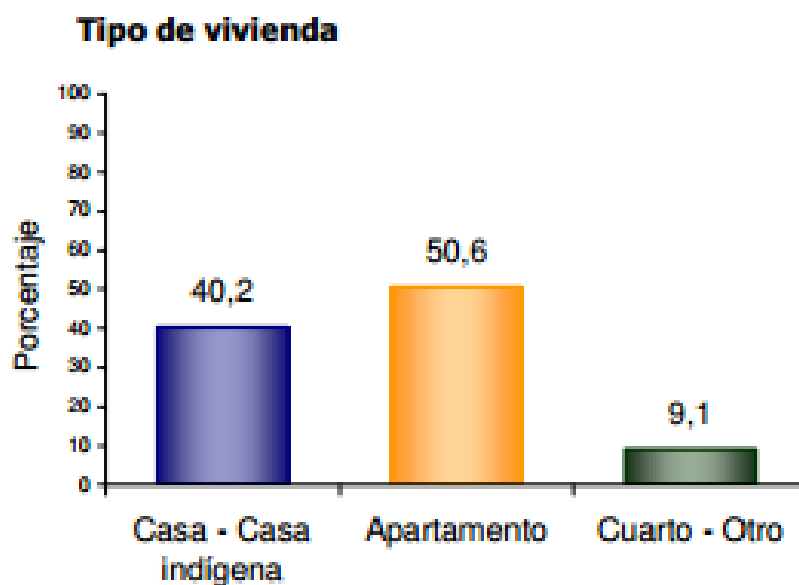
$$(5000 \text{ W día} / 1301,15 \text{ W día}) = 3,8427 \text{ Paneles. Aproximadamente 4 paneles.}$$

Para sustituir la energía convencional, por un sistema de energía solar fotovoltaico, se es necesario utilizar 4 paneles solares.

Para la elaboración de este estudio, se tuvo en cuenta uno de los mejores sistemas de luz solar fotovoltaicas presente en el mercado (Utilizado en la costa Colombiana). Teniendo en cuenta que es el sistema que mejor almacena y distribuye la energía solar. Otra característica primordial es que gracias a la potencia de absorción energética que tiene este sistema, se necesita de menos paneles por su gran poder, hecho que facilitará su implementación en una vivienda promedio de la ciudad de Bogotá.

Además solo en Bogotá un sistema fotovoltaico de estas características se podría implementar en viviendas con tejado propio, explicados en la siguiente gráfica:

Gráfico N°6. Porcentaje de vivienda en Bogotá

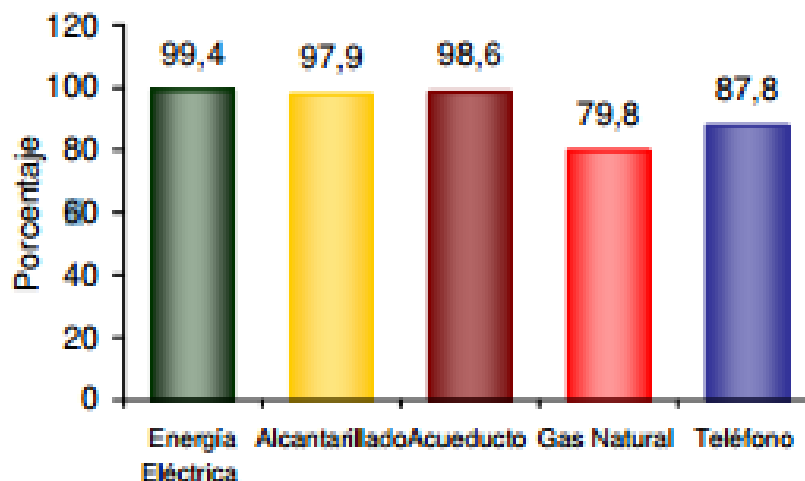


Fuente: DANE (2010).

En el gráfico N°6, se logra evidenciar que los sistemas de energía solar fotovoltaica solo se podrían implementar en el 40,2% de los hogares bogotanos, debido a sus dimensiones. Esto quiere decir que las viviendas con tejado propio son las únicas que pueden implementar estos sistemas de manera independiente.

En conclusión, un sistema de energía apoyado con paneles solares fotovoltaicos, se lograría aplicar únicamente en viviendas con tejado propio, excluyendo apartamentos y conjuntos residenciales.

Gráfico N°7. Porcentaje de los servicios de las viviendas en Bogotá



Fuente: DANE (2010).

En el gráfico N°7 se encuentran los servicios con los que cuentan la totalidad de los hogares bogotanos. El 99,4% de las viviendas tienen conexión eléctrica, quiere decir que un 0,6% de la población no cuenta con un servicio estable de energía.

5.5 Costo del sistema solar fotovoltaico

Para saber cuáles son los costos de un sistema solar fotovoltaico, primero se debe tener en cuenta la capacidad energética de los elementos y su calidad, además un estimado de la energía que se usa en la vivienda (visto en los costos de energía convencional). Teniendo en cuenta que se usará un servicio de calidad (con los mejores elementos, disponibles en el país).

Tabla N°8. Costos de implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico, basado en la empresa Alta Gerencia del siglo XXI

COSTOS DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA QUE SOPORTA 152 KWH MES EN BOGOTÁ								
Producto	Capacidad Energética	Precio	Cantidad	Valor	Dimensiones	Duración	Espacio Requerido	Marca
Panel Solar	265 W (24 V)	\$ 1.150.500	4	\$ 4.602.000	1,45 mts * 1 mts	10 años a un 90%, 25 años a un 80%	5,8 m cuadrados	KYOCERA
Regulador	60 AMP	\$ 1.950.000	1	\$ 1.950.000		15 años		XANTREX
Inversor	2000 W (12 V)	\$ 1.580.000	1	\$ 1.580.000		15 años		PROWATT
Mano de obra		\$ 600.000	1	\$ 600.000				
TOTAL				\$ 8.732.000				

Fuente: Elaboración propia, basado en la información de Alta Ingeniería del siglo XXI, (2017).

En la tabla N° 8, se encuentran los costos que se derivan de un sistema de energía solar fotovoltaico. Este sistema no necesita de baterías, puesto que está conectado a la red eléctrica, donde su energía es almacenada para su uso posterior. A su vez es compatible para viviendas que consumen un aproximado de 152 a 160 Kwh mes, que tengan un espacio disponible directo con el sol de 6m². Además la implementación de este tipo de energía verde, proporciona un descuento en la declaración de renta de un 20% el primer año (ley 1715 del 2014). Si este sistema se paga de contado, el descuento otorgado será de \$ 1.746.400 COP, siendo este el 20% total del producto de contado.

5.6 Amortización del Sistema de Energía Solar Fotovoltaica

A partir de los costos del ejercicio anterior, según la empresa Alta Ingeniería del siglo XXI, el valor del sistema solar con las características anteriormente mencionadas es de \$8.732.000 COP. La empresa ofrece un método de pago del 20% de contado del valor total y el resto es diferido a 10 años, con un interés del 1,10% mensual sobre el saldo. Mostrados en la tabla N° 7.

Tabla N° 9. Datos préstamo sistema solar fotovoltaico

DATOS PRÉSTAMO SEGÚN ALTA INGENIERÍA SIGLO 21	
Fecha de Inicio	1 DE FEBRERO DEL 2017
Interés	1,10%
Valor del Sistema	\$ 8.732.000 COP
N° de Cuotas	120 (10 AÑOS)
Pago de Contado	20% (\$ 1.746.400)
Monto del Préstamo	\$ 6.985.600 COP
Total del 80% Sistema Financiado	\$ 11.634.517 COP
Total del Sistema	\$ 13.380.917 COP

Fuente: Elaboración propia, basados en la información de Alta Ingeniería del siglo XXI. (2017).

En el Anexo 3, se presenta el extracto de amortización de la deuda presentada para adquirir el sistema fotovoltaico del ejercicio en estudio. Esta información se basa en los datos suministrados por la empresa Alta Ingeniería del siglo XXI, donde la organización data unos planes de pagos financiados a 10 años, con un interés del 1,10% mensual sobre el saldo de la deuda, además teniendo en cuenta que el 20% del valor total del sistema debe ser pagado de contado.

Al saber las cuotas mensuales pertinentes al pago del sistema, dividimos el número de años del préstamo (10 años) por el número de meses de un año (12 meses).

De acuerdo a la ley 1715 del 2014, se aplica el descuento del 20% de la declaración de renta, aun si el sistema es financiado. El 20% aplica al valor total de la deuda (basados en los intereses

propuestos por cada empresa que ofrezca estos servicios). Para un total del descuento de \$ 2.676.183 COP.

La deuda total financiada del sistema es de \$13.380.917 COP, aplicando el 20% de la ley 1715 del 2014, habría una reducción de \$2.676.183 COP en la declaración de renta.

La duración de los elementos que componen el sistema, tienen una duración de mediano plazo y su reemplazo se empieza a generar desde el año 10 de su uso, en este caso el primer elemento para sustituir sería la batería, pues su durabilidad es de 7 años aproximadamente. En este caso no se necesita de su servicio, debido a su depreciación temprana.

6. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

6.1 Análisis de los Resultados

De acuerdo a las actividades desarrolladas, se logra interpretar los resultados obtenidos. La información, los datos, resultados, son soportados por entidades gubernamentales, privadas, opiniones personales, entre otras.

Según los objetivos planteados en esta monografía, se logra identificar diferentes resultados e interpretaciones.

En el desarrollo del objetivo específico N°1, se lograron interpretar sus aspectos positivos y negativos, en la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica en una vivienda de la ciudad de Bogotá. Una de las ventajas más determinantes en la instalación de estos sistemas autosostenibles, es su amigabilidad con el medio ambiente, también la retribución monetaria a mediano y largo plazo.

Otro aspecto favorable para su implementación, es el apoyo que ofrece el gobierno nacional, suministrando incentivos para la proliferación de energías renovables en el país. La ley 1715 del 2014, cubre dicho incentivo, generando un descuento del 20% de la declaración de renta de quien use estos sistemas de energía renovables en sus empresas y viviendas.

La ubicación geográfica de Colombia es un aspecto positivo para implementar energías renovables, la radiación solar, es un elemento que da vida a estos tipos de energía. Un sistema de energía solar fotovoltaico en Bogotá si puede ser aplicado, en principio por que ya existe variedad de productos instalados en diferentes zonas de la capital del país y que en la actualidad

funcionan. Unas de las ventajas más importantes es que este sistema de energía fotovoltaico no es un agente contaminante para el medio ambiente. Los costos y la inversión inicial se verán retribuidos a mediano y largo plazo, debido a que este sistema es autosustentable a través del tiempo.

Las desventajas que se derivan de estos sistemas son: su desconocimiento, el miedo de implementar estos sistemas, su alta inversión inicial, que no puede ser costeadada con facilidad (dependiendo el consumo promedio de la energía en el hogar donde se aplique), entre otras.

En el desarrollo del objetivo N°2, Bogotá tiene diversas empresas que ofrecen servicios de energía solar. La masificación de este tipo de organizaciones está en progreso, hecho que facilitará la comercialización de este servicio.

La implementación de sistemas renovables en las viviendas de Bogotá, además de tener un respaldo por parte del gobierno, tiene un apoyo financiero por parte de estas empresas, Alta Ingeniería del siglo XXI es un ejemplo que clarifica este enunciado.

En Bogotá, si existen Universidades e Instituciones, que capacitan y enseñan a las personas interesadas en emprender un camino empresarial en el desarrollo de este servicio.

Para el desarrollo del objetivo N°3, se aplicó un estudio de la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico en una vivienda de la ciudad de Bogotá, con resultados favorables en sus resultados.

Si puede ser aplicado el sistema de energía renovable, teniendo en cuenta diferentes aspectos, como las dimensiones de la vivienda, el consumo energético promedio, la capacidad de pago del consumidor, las condiciones climáticas de la ciudad, entre otras.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, la hipótesis planteada en esta monografía es verídica, teniendo como ejemplo sistemas de energía solar ya implementados en la ciudad de Bogotá y el apoyo económico que se les retribuye a los administradores del sistema. Pero, su efectividad se deriva de la variabilidad climática presentada en la capital del país, disminuyendo la efectividad del sistema. Para ello requiere de un sistema energético de respaldo, que apoye la energía solar en los momentos de baja radiación solar.

De acuerdo con el objetivo principal, un sistema de energía solar en una vivienda de la ciudad de Bogotá, si puede ser aplicado. Debido a una gran variedad de empresas que ofrecen estos servicios en la ciudad, además diferentes entidades incentivan el uso de energías renovables, con financiaciones y promociones económicas interesantes.

6.2 Conclusiones

La creación de empresa, se basa en las necesidades de los clientes, en la innovación y satisfacción de las necesidades. Con el tiempo el uso de recursos limitados para la transformación de energía ha generado un daño ambiental difícil de combatir. Las energías autosostenibles en la actualidad son servicios en crecimiento, diferentes países han optado por el uso de este tipo de herramientas teniendo respuestas satisfactorias.

Bogotá es un sector en estudio para la implementación de este tipo de negocios (implementar, reparar y mantener sistemas de energía solar fotovoltaicas). El estudio de viabilidad de implementación de un sistema solar fotovoltaico, trajo respuestas concluyentes a la pregunta de investigación. ¿Cuál es la viabilidad de implementar una estructura energética solar eficiente en una vivienda de la ciudad de Bogotá?

Para responder esta pregunta, se debe tener en cuenta muchos aspectos, como la ubicación geográfica, las dimensiones de la vivienda (requiere tejado propio), el consumo promedio de energía mensual (Kwh), la afluencia económica, los beneficios, las desventajas, el personal capacitado entre otras.

La viabilidad de un sistema de energía solar fotovoltaico en una vivienda de la ciudad de Bogotá si existe. Teniendo en cuenta los requerimientos anteriormente mencionados. Por esta razón su mercado es limitado, para personas que se preocupen por el medio ambiente y deseen invertir en un negocio probablemente rentable a mediano y largo plazo.

La eficiencia en el uso de este tipo de energía, se basa en el consumo exacto de energía promedio mensual, tener la capacidad económica para adquirir los paneles de la calidad de

absorción requerida, junto con las partes que lo conforman (Inversor, batería, controlador). Además se debe tener un mantenimiento periódico, para que sus herramientas no se deterioren con facilidad, adquiriendo mayor radiación. Pero la energía solar en esta zona (Bogotá) no es continua y trae consigo problemas de ineffectividad. Demostrando que no es eficiente la energía solar en Bogotá más si es viable su implementación.

La inversión inicial de este servicio, garantiza a largo plazo un retorno del monto inicial, dando más confianza a la hora de adquirir productos amigables con el medio ambiente.

El gobierno, apoya la iniciativa de comercialización y adquisición de este servicio, otorgando un descuento prudencial en la declaración de renta del propietario del sistema (ley 1715 del 2014).

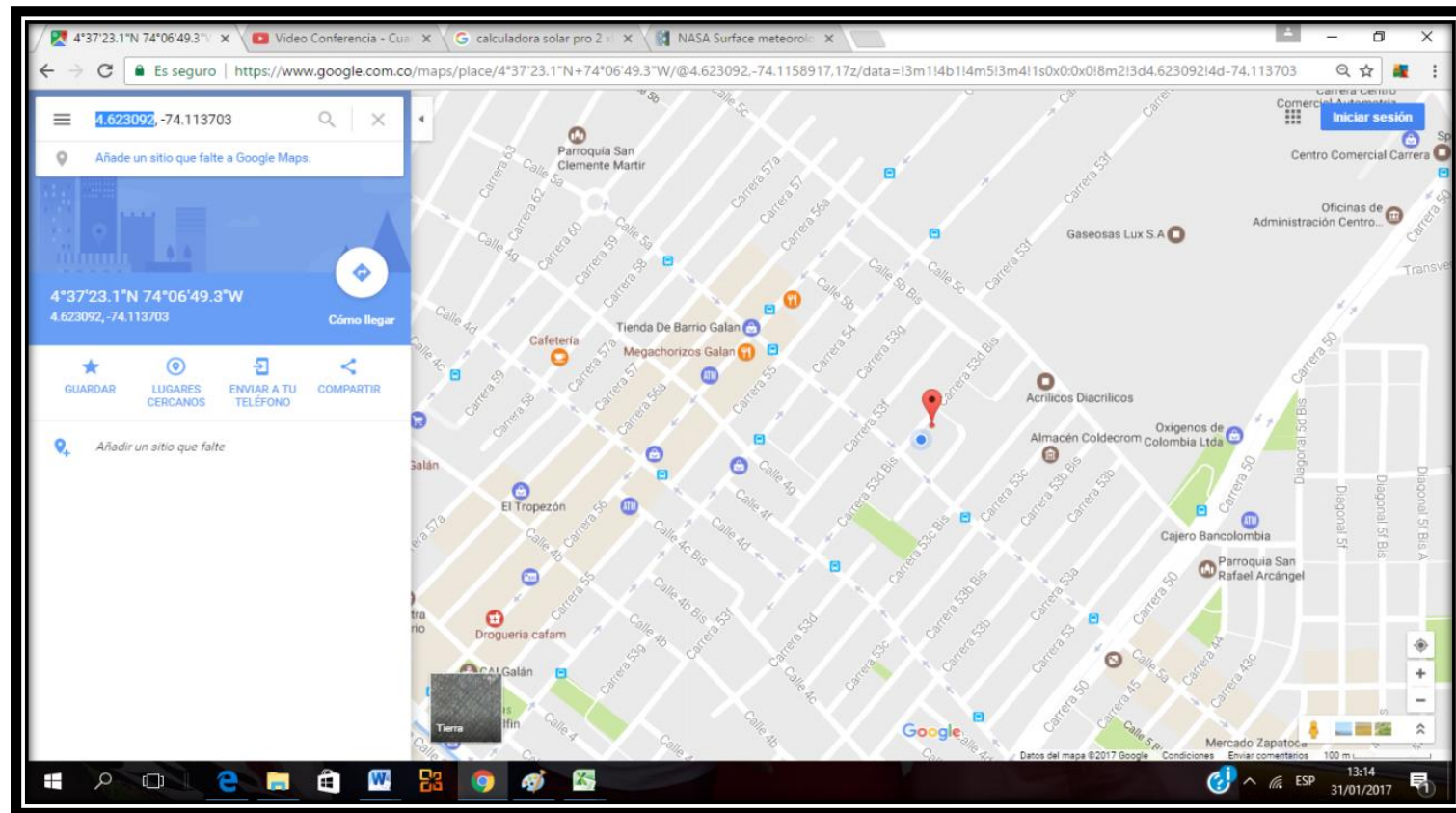
La aplicación de sistemas solares en las viviendas de Bogotá, traerían consigo un modelo de negocio que puede ser masificado, este hecho incentiva a los nuevos empresarios a la creación de empresas relacionadas con este servicio, mejorando la calidad de vida de las personas, a su vez disminuyendo los índices de contaminación en la zona.

La hipótesis verifica la información suministrada en esta monografía, dando un apoyo a las familias que quieren implementar sistemas de energía amigables con el medio ambiente. Teniendo en la ciudad de Bogotá las suficientes herramientas y métodos para ser implementadas.

El futuro de la energía en Bogotá, depende de las energías ilimitadas, el óptimo uso de estos recursos, favorecerán a los habitantes capitalinos a mediano y largo plazo.

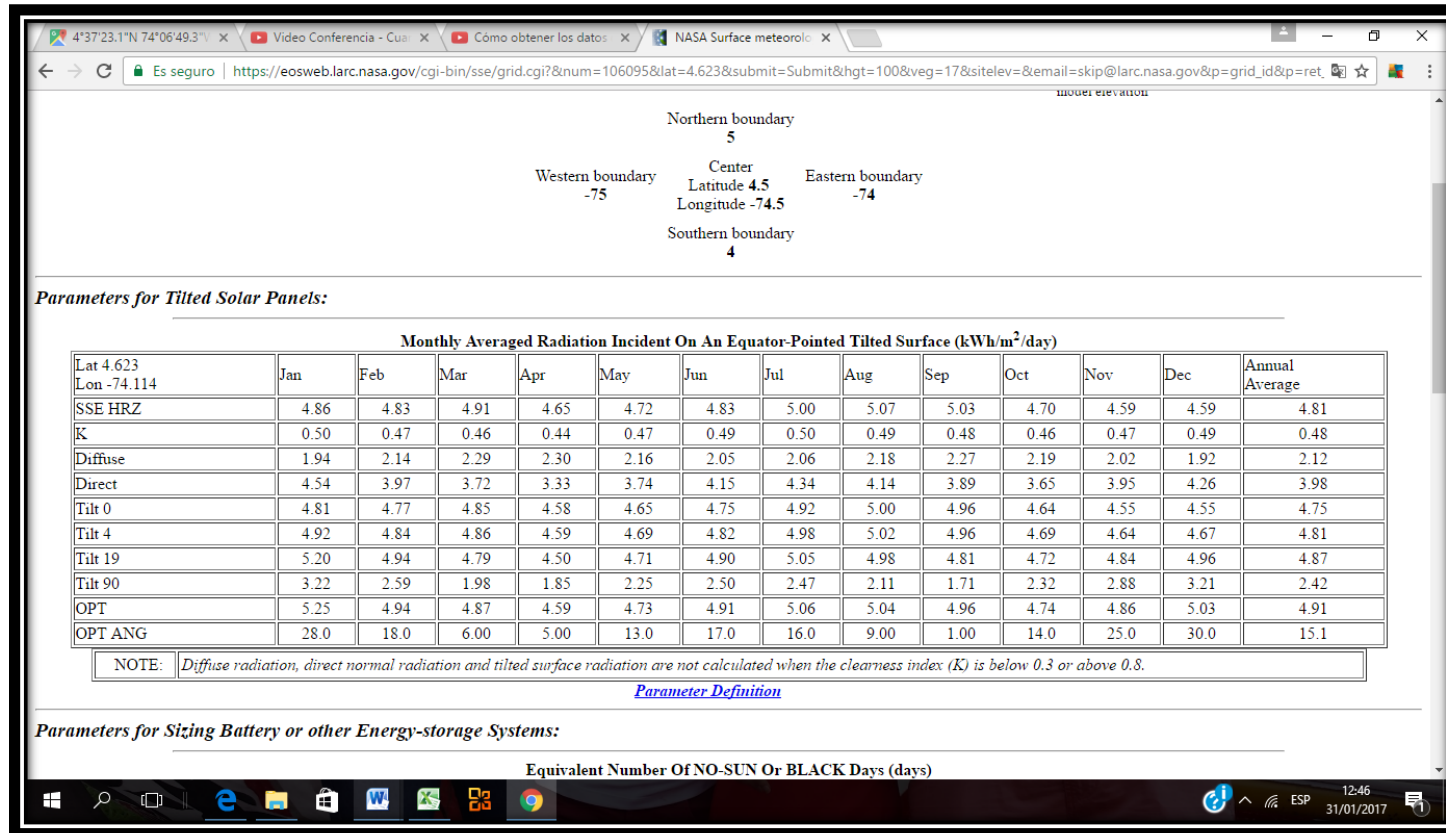
6.3 Anexos

6.3.1 Anexo 1. Google Maps



Fuente: Google Maps, (2017).

6.3.2 Anexo 2. Radiación Solar NASA (Bogotá).



Fuente: NASA, (2017).

6.3.3 Anexo 3. Amortización del sistema de energía solar fotovoltaico según Alta Ingeniería del siglo XX1 (80% de financiación, basados en los costos del ejercicio).

AÑO	FECHA	Nº DE CUOTAS	CUOTA MENSUAL	INTERES	CUOTA A CANCELAR	SALDO
2017	FEBRERO	0	0	0	0	6.985.600
2017	MARZO	1	58.213	76.841,60	135.054,93	6.927.387
2017	ABRIL	2	58.213	76.201,25	134.414,59	6.869.173
2017	MAYO	3	58.213	75.560,91	133.774,24	6.810.960
2017	JUNIO	4	58.213	74.920,56	133.133,89	6.752.747
2017	JULIO	5	58.213	74.280,21	132.493,55	6.694.533
2017	AGOSTO	6	58.213	73.639,87	131.853,20	6.636.320
2017	SEPTIEMBRE	7	58.213	72.999,52	131.212,85	6.578.107
2017	OCTUBRE	8	58.213	72.359,17	130.572,51	6.519.893
2017	NOVIEMBRE	9	58.213	71.718,83	129.932,16	6.461.680
2017	DICIEMBRE	10	58.213	71.078,48	129.291,81	6.403.467
2018	ENERO	11	58.213	70.438,13	128.651,47	6.345.253
2018	FEBRERO	12	58.213	69.797,79	128.011,12	6.287.040
2018	MARZO	13	58.213	69.157,44	127.370,77	6.228.827
2018	ABRIL	14	58.213	68.517,09	126.730,43	6.170.613
2018	MAYO	15	58.213	67.876,75	126.090,08	6.112.400
2018	JUNIO	16	58.213	67.236,40	125.449,73	6.054.187
2018	JULIO	17	58.213	66.596,05	124.809,39	5.995.973
2018	AGOSTO	18	58.213	65.955,71	124.169,04	5.937.760
2018	SEPTIEMBRE	19	58.213	65.315,36	123.528,69	5.879.547
2018	OCTUBRE	20	58.213	64.675,01	122.888,35	5.821.333
2018	NOVIEMBRE	21	58.213	64.034,67	122.248,00	5.763.120
2018	DICIEMBRE	22	58.213	63.394,32	121.607,65	5.704.907
2019	ENERO	23	58.213	62.753,97	120.967,31	5.646.693
2019	FEBRERO	24	58.213	62.113,63	120.326,96	5.588.480
2019	MARZO	25	58.213	61.473,28	119.686,61	5.530.267
2019	ABRIL	26	58.213	60.832,93	119.046,27	5.472.053
2019	MAYO	27	58.213	60.192,59	118.405,92	5.413.840
2019	JUNIO	28	58.213	59.552,24	117.765,57	5.355.627
2019	JULIO	29	58.213	58.911,89	117.125,23	5.297.413
2019	AGOSTO	30	58.213	58.271,55	116.484,88	5.239.200
2019	SEPTIEMBRE	31	58.213	57.631,20	115.844,53	5.180.987
2019	OCTUBRE	32	58.213	56.990,85	115.204,19	5.122.773
2019	NOVIEMBRE	33	58.213	56.350,51	114.563,84	5.064.560
2019	DICIEMBRE	34	58.213	55.710,16	113.923,49	5.006.347
2020	ENERO	35	58.213	55.069,81	113.283,15	4.948.133
2020	FEBRERO	36	58.213	54.429,47	112.642,80	4.889.920
2020	MARZO	37	58.213	53.789,12	112.002,45	4.831.707
2020	ABRIL	38	58.213	53.148,77	111.362,11	4.773.493
2020	MAYO	39	58.213	52.508,43	110.721,76	4.715.280
2020	JUNIO	40	58.213	51.868,08	110.081,41	4.657.067
2020	JULIO	41	58.213	51.227,73	109.441,07	4.598.853
2020	AGOSTO	42	58.213	50.587,39	108.800,72	4.540.640
2020	SEPTIEMBRE	43	58.213	49.947,04	108.160,37	4.482.427
2020	OCTUBRE	44	58.213	49.306,69	107.520,03	4.424.213
2020	NOVIEMBRE	45	58.213	48.666,35	106.879,68	4.366.000
2020	DICIEMBRE	46	58.213	48.026,00	106.239,33	4.307.787
2021	ENERO	47	58.213	47.385,65	105.598,99	4.249.573
2021	FEBRERO	48	58.213	46.745,31	104.958,64	4.191.360

2021	MARZO	49	58.213	46.104,96	104.318,29	4.133.147
2021	ABRIL	50	58.213	45.464,61	103.677,95	4.074.933
2021	MAYO	51	58.213	44.824,27	103.037,60	4.016.720
2021	JUNIO	52	58.213	44.183,92	102.397,25	3.958.507
2021	JULIO	53	58.213	43.543,57	101.756,91	3.900.293
2021	AGOSTO	54	58.213	42.903,23	101.116,56	3.842.080
2021	SEPTIEMBRE	55	58.213	42.262,88	100.476,21	3.783.867
2021	OCTUBRE	56	58.213	41.622,53	99.835,87	3.725.653
2021	NOVIEMBRE	57	58.213	40.982,19	99.195,52	3.667.440
2021	DICIEMBRE	58	58.213	40.341,84	98.555,17	3.609.227
2022	ENERO	59	58.213	39.701,49	97.914,83	3.551.013
2022	FEBRERO	60	58.213	39.061,15	97.274,48	3.492.800
2022	MARZO	61	58.213	38.420,80	96.634,13	3.434.587
2022	ABRIL	62	58.213	37.780,45	95.993,79	3.376.373
2022	MAYO	63	58.213	37.140,11	95.353,44	3.318.160
2022	JUNIO	64	58.213	36.499,76	94.713,09	3.259.947
2022	JULIO	65	58.213	35.859,41	94.072,75	3.201.733
2022	AGOSTO	66	58.213	35.219,07	93.432,40	3.143.520
2022	SEPTIEMBRE	67	58.213	34.578,72	92.792,05	3.085.307
2022	OCTUBRE	68	58.213	33.938,37	92.151,71	3.027.093
2022	NOVIEMBRE	69	58.213	33.298,03	91.511,36	2.968.880
2022	DICIEMBRE	70	58.213	32.657,68	90.871,01	2.910.667
2023	ENERO	71	58.213	32.017,33	90.230,67	2.852.453
2023	FEBRERO	72	58.213	31.376,99	89.590,32	2.794.240
2023	MARZO	73	58.213	30.736,64	88.949,97	2.736.027
2023	ABRIL	74	58.213	30.096,29	88.309,63	2.677.813
2023	MAYO	75	58.213	29.455,95	87.669,28	2.619.600
2023	JUNIO	76	58.213	28.815,60	87.028,93	2.561.387
2023	JULIO	77	58.213	28.175,25	86.388,59	2.503.173
2023	AGOSTO	78	58.213	27.534,91	85.748,24	2.444.960
2023	SEPTIEMBRE	79	58.213	26.894,56	85.107,89	2.386.747
2023	OCTUBRE	80	58.213	26.254,21	84.467,55	2.328.533
2023	NOVIEMBRE	81	58.213	25.613,87	83.827,20	2.270.320
2023	DICIEMBRE	82	58.213	24.973,52	83.186,85	2.212.107
2024	ENERO	83	58.213	24.333,17	82.546,51	2.153.893
2024	FEBRERO	84	58.213	23.692,83	81.906,16	2.095.680
2024	MARZO	85	58.213	23.052,48	81.265,81	2.037.467
2024	ABRIL	86	58.213	22.412,13	80.625,47	1.979.253
2024	MAYO	87	58.213	21.771,79	79.985,12	1.921.040
2024	JUNIO	88	58.213	21.131,44	79.344,77	1.862.827
2024	JULIO	89	58.213	20.491,09	78.704,43	1.804.613
2024	AGOSTO	90	58.213	19.850,75	78.064,08	1.746.400
2024	SEPTIEMBRE	91	58.213	19.210,40	77.423,73	1.688.187
2024	OCTUBRE	92	58.213	18.570,05	76.783,39	1.629.973
2024	NOVIEMBRE	93	58.213	17.929,71	76.143,04	1.571.760
2024	DICIEMBRE	94	58.213	17.289,36	75.502,69	1.513.547
2025	ENERO	95	58.213	16.649,01	74.862,35	1.455.333
2025	FEBRERO	96	58.213	16.008,67	74.222,00	1.397.120
2025	MARZO	97	58.213	15.368,32	73.581,65	1.338.907
2025	ABRIL	98	58.213	14.727,97	72.941,31	1.280.693
2025	MAYO	99	58.213	14.087,63	72.300,96	1.222.480
2025	JUNIO	100	58.213	13.447,28	71.660,61	1.164.267
2025	JULIO	101	58.213	12.806,93	71.020,27	1.106.053
2025	AGOSTO	102	58.213	12.166,59	70.379,92	1.047.840
2025	SEPTIEMBRE	103	58.213	11.526,24	69.739,57	989.627

2025	OCTUBRE	104	58.213	10.885,89	69.099,23	931.413
2025	NOVIEMBRE	105	58.213	10.245,55	68.458,88	873.200
2025	DICIEMBRE	106	58.213	9.605,20	67.818,53	814.987
2026	ENERO	107	58.213	8.964,85	67.178,19	756.773
2026	FEBRERO	108	58.213	8.324,51	66.537,84	698.560
2026	MARZO	109	58.213	7.684,16	65.897,49	640.347
2026	ABRIL	110	58.213	7.043,81	65.257,15	582.133
2026	MAYO	111	58.213	6.403,47	64.616,80	523.920
2026	JUNIO	112	58.213	5.763,12	63.976,45	465.707
2026	JULIO	113	58.213	5.122,77	63.336,11	407.493
2026	AGOSTO	114	58.213	4.482,43	62.695,76	349.280
2026	SEPTIEMBRE	115	58.213	3.842,08	62.055,41	291.067
2026	OCTUBRE	116	58.213	3.201,73	61.415,07	232.853
2026	NOVIEMBRE	117	58.213	2.561,39	60.774,72	174.640
2026	DICIEMBRE	118	58.213	1.921,04	60.134,37	116.427
2027	ENERO	119	58.213	1.280,69	59.494,03	58.213
2027	FEBRERO	120	58.213	640,35	58.853,68	0,00
TOTAL		120	\$ 6.985.600	\$ 4.648.917	\$ 11.634.517	

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Referencias

Activo Legal, (2013). *Colombia es nuevo miembro de la Agencia Internacional de Energías Renovables*. Recuperado de <http://www.activolegal.com/web/index.php/noticias/actualidad/1150-colombia-miembro-agencia-energias-renovables-irena-planeta>

Alta Ingeniería del siglo XXI, (2017). *Paneles solares en Colombia*. Recuperado de http://www.altainingenieriaxxi.com/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=61

Ambiente A&T, (2017). *Energía Solar*. Recuperado de <http://www.ayt.com.co/energia-solar/>

Andeg (Asociación Nacional de Empresas Generadoras). (2015). *El precio de la electricidad en Colombia y comparación con referentes internacionales 2012-2015*. Recuperado de <http://www.andeg.org/sites/default/files/El%20precio%20de%20la%20electricidad%20en%20Colombia%202012-2015%20julio%2031%20Versi%C3%B3n%207.pdf>

APPA (Asociación de Empresas de Energías Renovables). (2009) ¿Qué es la energía solar fotovoltaica? Recuperado de http://www.appa.es/09fotovoltaica/09que_es.php

Autosolar, (2016). Panel solar monocristalino [Imagen]. Recuperado de https://www.google.com.co/search?q=paneles+solares+policristalinos&biw=1517&bih=735&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwju_rrs9vRAhVDOCYKHd95AYAQ_AUIBigB#tbm=isch&q=paneles+solares+monocristalinos&imgsrc=xfTxnk-RFxNt6M:

Betancur, L. (2015). ¿Cuál es la cuota colombiana para evitar el cambio climático? *El tiempo*.

Recuperado de <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/medidas-de-colombia-para-evitar-el-cambio-climatico/16145259>

Cañas, A. (2016). Energía renovable está en pañales pero hay interés en invertir. *Dinero*.

Recuperado de <http://www.dinero.com/actualidad/multimedia/energia-renovable-esta-en-panales-pero-hay-interes-en-invertir/222821>

Centro las Gaviotas, (2009). *Un Nuevo Reglamento en el Trópico*. Recuperado de

<http://www.centrolasgaviotas.org/Inicio.html>

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (1999). *Eficacia, Eficiencia,*

Equidad Y Sostenibilidad: ¿Qué Queremos Decir? Recuperado de

http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/9/37779/gover_2006_03_eficacia_eficiencia.pdf

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2004). *Fuentes renovables de*

energía en América Latina y el Caribe: situación y propuestas de políticas. Recuperado de

<http://www.cepal.org/es/publicaciones/31904-fuentes-renovables-de-energia-en-america-latina-y-el-caribe-situacion-y>

Codensa, (2016). *Tarifas de energía eléctrica (\$/kWh) reguladas por la comisión de regulación*

d energía y gas (CREG) ENERO 2016. Recuperado de

<https://www.codensa.com.co/hogar/tarifas>

Correa, E. E, (2016). *Alcaldía de Montería*. Colombia. Recuperado de <http://www.monteriacordoba.gov.co/noticias/individual/?cod=892>

CVN. Centro Virtual de Noticias, (2016) Colombia una potencia en energías alternativas [Página Web]. Recuperado de <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>

DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). (2010). *Boletín, Censo General Bogotá, 2005*. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/11001T7T000.PDF

DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). (2016). *Cuenta Ambiental y Económica de Energía y de emisiones al aire, Flujos físicos 2013 – 2014p*. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cuenta_ambiental_economica_energia_emisiones/BL_Energia_emisiones_2013def_2014_provisional.pdf

Delta Volt, (2015). Aplicaciones Fotovoltaicos [Imagen]. Recuperado de https://www.google.com.co/search?q=paneles+solares+policristalinos&biw=1517&bih=735&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwju_rrs9vRAhVDOCYKHd95AYAQ_AUIBigB#tbm=isch&q=energia+solar+fotovoltaica+ejemplos&imgsrc=Fh0rUW6SMI9iUM:

Dinero 2016 (a), ¿Cómo va el desarrollo de energías renovables en Colombia y Latinoamérica? [Página Web].

2016 (b) *La mitad de los bogotanos pertenece a estratos 1 y 2*[Imagen]. Recuperado de <http://www.dinero.com/economia/articulo/la-importancia-de-las-energias-renovables-las-oportunidades-y-nuevos-proyectos/221667>,
<http://www.dinero.com/economia/articulo/dinamica-pobreza-bogota-estratos/211771>

El Tiempo (2016). ¿Llego la hora de la energía solar? Recuperado de <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/en-2015-subio-un-25-la-oferta-de-energia-solar-en-el-mundo/16660148>

Empresa de Energía de Bogotá. (2011). Eficiencia Energética y ciudad: retos y experiencias exitosas, EEB, 1-3. Recuperado de <http://www.eeb.com.co/empresa/eeb-y-bogota/articulo-eficiencia-energetica-y-ciudad-retos-y-experiencias-exitosas>

Energía Solar, (2015). *Definición de regulador de carga*. Recuperado de <https://solar-energia.net/definiciones/regulador-de-carga.html>

Energía Solar Fotovoltaica, (2016). Inversor Studer. [Imagen]. Recuperado de https://www.google.com.co/search?q=inversor+fotovoltaico&biw=1517&bih=735&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwiwoYrJ4PzRAhXITCYKHcbqDLgQ_AUIBigB#imgsrc=vxkGfzFZaaXgmM:

EPM (Empresas Públicas de Medellín). (2017). *Tips para el uso inteligente*. Recuperado de http://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/Clientesyusuarios/Empresas/Energ%C3%ADa/Grandesempresas/Tipsparaelusointeligente.aspx

Erenovable. (2015). Energía solar ventajas y desventajas [Página Web]. Colombia. Recuperado de <http://erenovable.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas/>

Esco-Tel, (2013) *Maqservicios*. México. http://www.esco-tel.com/paneles_solares_monocristalinos_vs_policristalinos.html

Fedesarrollo, (2013). *Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia*. Recuperado de <http://www.fedesarrollo.org.co/wp->

content/uploads/2011/08/WWF_Analisis-costo-beneficio-energias-renovables-no-convencionales-en-Colombia.pdf

Gispert, C. (1996) .Gran Diccionario Enciclopédico Visual. Barcelona, España: Editorial Océano.

Greenpeace, (2009). *Energía solar Térmica de Concentración*. Recuperado de <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/090713.pdf>

Guía solar, (2016). *Universidad Autónoma de Occidente le apuesta a la energía solar*. Recuperado de <http://www.laguíasolar.com/universidad-autonoma-de-occidente-energia-solar-en-colombia/>

INTA (Instituto Nacional de Energía Agropecuaria). (2010). *Que es el Fenómeno del Niño*. Recuperado de http://climayagua.inta.gob.ar/que_es_el_fenomeno_el_ni%C3%B1o

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). (2011). *Fuente de energía renovables y mitigación del cambio climático*. Recuperado de https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf

La República. (2012). Colombia, un mercado con potencial en energía solar. Recuperado de http://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-un-mercado-con-potencial-en-energ%C3%ADa-solar_3773

Mesa, J. L. (2014). La responsabilidad social del grupo EPM: Una nueva postura política frente al territorio. (Spanish). *Cuadernos De Administración (01203592)*, 27(49), 65-85.
doi:10.11144/Javeriana.cao27-49.rsge

Ministerio de Ambiente, (2016a). Protocolo de Kioto PK [Página Web], Recuperado de

<http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/122-noticias-minambiente/2606-colombia-firma-convenio-con-holanda-para-trabajar-en-fuentes-no-convencionales-de-energias-renovables>.

(2016b). *Colombia se compromete a reducir el 20% de sus emisiones de gases de efecto*

invernadero para el año 2030. Recuperado de

<http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1913-colombia-se-compromete-a-reducir-el-20-de-sus-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-para-el-ano-2030>

Ministerio de Educación Nacional. (2006). *Responsabilidad Social Empresarial*. Recuperado de

<http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-93439.html>

Ministerio de Minas y Energía. (2015). *Programa De Uso Racional Y Eficiente De Energía Y*

Fuentes No Convencionales – Proure. Recuperado de

https://www.minminas.gov.co/documents/10180/558752/Informe_Final_Consultoria_Plan_de_accion_Proure.pdf/e8cdf796-d7b1-4bb1-90b9-e756c7f48347

Miñarro, J. (2016). La energía solar. Recuperado de

http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm

Murcia, R. H. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. Recuperado

de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12.pdf>

NASA. (2017). *meteorología de la superficie y energía solar - tabla disponible*. Recuperado de

<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=106095&lat=4.623&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&>

mail=skip@larc.nasa.gov&p=grid_id&p=ret_tlt0&p=no_sun1&p=TSKIN_MN&p=vege_wnd
&step=2&lon=-74.114

National Geographic. (2013). Energía solar, energía hidráulica. Recuperado de
<http://nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/energia-solar-definicion>

ONU (Organización de las Naciones Unidas). (2016). Desarrollo Sostenible. [Página Web].
Recuperado de <http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). (2016). Energía sostenible.
[Página Web]. Recuperado de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/ourwork/climate-and-disaster-resilience/sustainable-energy.html>

Portafolio. (2014). Sena formará técnicos en energía solar fotovoltaica. Recuperado de
<http://www.portafolio.co/economia/finanzas/sena-formara-tecnicos-energia-solar-fotovoltaica-67108>

Prias, O. (2015). Colombia se está financiando en las energías renovables. Recuperado de
<http://www.portafolio.co/economia/finanzas/colombia-financiando-energias-renovables-38612>

Secretaría de Hacienda. (2004). *Consumo Facturado*. Recuperado de
<https://institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0200/02-040-servicios/02.04.04.02.htm>

Secretaria Distrital de Planeación. (2012). *Dinámicas del territorio D.C.* Recuperado de
<http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/ObservatorioDinamicasTerritorio/2012/DICE145-TamanosPromedios-29052012.pdf>

Secretaría de planeación. (2012). *Última actualización de estratificación en Bogotá asignó a más de 35 mil viviendas nuevas*. Recuperado de <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/Comunicados%20de%20Prensa/Comunicados2013/actuailzacionEstratificacionBogota.pdf>

Secretaría del Senado. (2016). *LEY 1715 DE 2014*. Recuperado de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html

Sialsol home (2016). Panel solar policristalino [Imagen]. Recuperado de https://www.google.com.co/search?q=paneles+solares+policristalinos&biw=1517&bih=735&source=lnms&tbn=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwju_rrs9vRAhVDOCYKHd95AYAQ_AUIBigB#imgrc=-7yc-iT2RasHGM:

Simulador Micodensa. (2016). *Simulador de Consumo*. Recuperado de <http://simulador.micodensa.com/index.php/main/viewSimulator>

SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental). (2010) ¿Qué es el protocolo de Kioto? SINIA [Página Web]. Santiago de Chile: Teatinos, <http://www.sinia.cl/1292/w3-article-48407.html#top>

Sunfields. (2017). Inversor fotovoltaico – Fundamentos [Imagen]. Recuperado de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-solares-ondulador-o-inversor-fotovoltaico/>

UN (Naciones Unidas). (2015). *Aspectos Económicos del Desarrollo Sostenible en Colombia* [Página Web]. Recuperado de <http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/colombia/eco.htm>

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura).

(2007). Desarrollo Sostenible. Recuperado de

<http://www.unesco.org/new/es/education/themes/leading-the-international-agenda/education-for-sustainable-development/sustainable-development/>

UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). (2016). *Mapas de Brillo Solar*. Recuperado

de http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/3-Mapas_Brillo_Solar.pdf

Utadeo (Universidad Tadeo Lozano). (2017). Sistemas de energía solar fotovoltaica. Recuperado

de <http://www.utadeo.edu.co/es/tadeo-caribe/continuada/educacion-continuada/30581/sistemas-de-energia-solar-fovoltaica>

Yuan, Ying. (2016). Ley de Taiwán contra el calentamiento global es estudiada en Colombia. *El*

Espectador. Recuperado de <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/ley-de-taiwan-contra-el-calentamiento-global-estudiada-articulo-665743>