

## VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS COMO ALTERNATIVA PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA TRADICIONAL.

### *Economic viability of the photovoltaic panels implementation as an alternative for the traditional electrical distribution network*

*Línea de investigación: Energías alternativas*

*Leidy Tatiana Díaz Castillo. Ingeniera Ambiental, Universidad Libre, didi0396@hotmail.com*

*Yeferson Andrés Urrea Velandia. Ingeniero Ambiental, Universidad Libre, yandresuvelandia@hotmail.com*

*Fecha de recepción: enero de 2018. Fecha de aceptación: abril de 2018*

ISSN: 2590-6704

### RESUMEN

La energía solar ha sido desaprovechada en muchas partes de nuestro país a pesar de ser una energía renovable y limpia que tenemos a nuestra disposición. Colombia tiene uno de los mejores potenciales energéticos solares de América y el mundo. Las actuales tecnologías pueden verse favorecidas por el tipo de energía en una variedad de usos, incluyendo generación de energía eléctrica para nuestros hogares, proveyendo iluminación y un ambiente confortable, calentando también el agua para uso doméstico, trabajos comerciales y de industrias.

En la presente monografía, se analizó la viabilidad económica de la implementación de paneles fotovoltaicos como alternativa para la red de distribución eléctrica tradicional y poder abastecer de energía eléctrica a las viviendas. En los resultados se evidencia lo requerido para su viabilidad, encontrando los precios para la implementación de estos sistemas a estratos 4, 5 y 6 con paneles fotovoltaicos con vida útil de 25 años, logrando comparar esos precios con los costos de energía convencional a 25 años de consumo energético, concluyendo que para las viviendas de estrato 4 es viable la implementación de este sistema debido a que el precio de la implementación del sistema fotovoltaico y el del costo de la energía convencional de este no son tan desproporcionados sus valores.

### Palabras Claves

Energía eléctrica, sistema fotovoltaico, paneles solares, energías renovables, consumo energético.

### ABSTRACT

Solar energy has been wasted in many parts of Colombia despite being a renewable and clean energy that people have at their disposal. Colombia has one of the best solar energy potentials in America and the world. Current technologies can be favored by this type of energy in several ways, including generating electricity for homes, providing lighting and a comfortable environment, and also heating water for domestic use, commerce and industry.

In this study, the economic viability of photovoltaic panels as an alternative for the electrical distribution network in homes was analyzed. The results showed what is required for its viability, including the prices for the implementation of the system in strata 4, 5 and 6 (with panels with a useful life of 25 years). We compared those prices with the conventional energy costs of 25 years of energy consumption, concluding that for strata 4, this system is viable because the price of the panels compared to the cost of conventional energy is not so disproportionate.

### Key words

Electric power, Photovoltaic System, Solar Panels, Renewable Energies, Energy Consumption.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, Colombia genera su energía eléctrica “principalmente en dos fuentes, la hidroelectricidad con una participación del 63.9% (67.7% incluyendo menores hidráulicas) y la generación a gas natural que representa 26.3% de la capacidad instalada en 2014. Tal concentración hace que el sistema pueda ser vulnerable en el corto plazo debido a los ciclos hidrológicos en el país y su variabilidad, y en el mediano y largo plazo, a la disponibilidad de gas natural, por hallazgos en el país o por disponibilidad de importaciones” (Ministerio de Minas y Energía. (2015) citado por Pinzón Arevalo & others, 2017).

Debido al posicionamiento geográfico de Colombia cerca al trópico ecuatorial, se presenta días de sol en la mayor parte del año; teniendo en cuenta dicho factor, se hace viable la utilización de la energía fotovoltaica, como alternativa en la generación de energía en el país. Así mismo, debido a la ubicación de Colombia, se es más vulnerable a las afectaciones generadas por el cambio climático, de las cuales encontramos los fenómenos de la niña y el niño, siendo este último el más crucial en la generación de la energía, debido a la dependencia de la generación de esta con fuentes hidroeléctricas.

Se ha observado cómo durante los últimos años, y especialmente durante el fenómeno del niño en el 2015 y el periodo de verano del 2016 en Colombia, se han desarrollado crisis energéticas, donde se ha tenido que parar la generación de energía en hidroeléctricas por sus bajos niveles de agua. Así mismo, la generación de energía en térmicas se ha convertido en una fuente no viable, debido a sus altos costos de los combustibles que utilizan.

Esta problemática energética en Colombia, ha generado una gran preocupación en la economía del país, con el temor latente a padecer de nuevo un apagón con lo sucedió en el año 1992 durante la presidencia de Cesar Gaviria, lo que contrajo una grave crisis económica en el país, desestabilizando todos los sectores productivos y así mismo pérdidas millonarias.

Por otra parte, los elevados costos en pago de energía eléctrica por parte de las empresas es un factor a tener en cuenta, donde dichos costos pueden ser minimizados con la autogeneración de energía, en dicho caso, la implementación de energías renovables, y entre ellas la más factible técnicamente la energía fotovoltaica, al no tener exigentes requerimientos.

“El suministro eléctrico en Colombia depende del Sistema de Interconexión Nacional (SIN) y varios sistemas aislados que cubren Zonas No Interconectadas (ZNI). El SIN comprende la tercera parte del territorio y cubre 96% de la población. El sistema ZNI, cubre las dos terceras partes restantes del territorio nacional y solamente provee servicio al 4% de la población. En 2005, el sistema de interconexión eléctrica dio servicio al 87% de la población, un porcentaje inferior al promedio de 95% para Latinoamérica y el Caribe (LAC). En Colombia, la cobertura eléctrica es del 93 por ciento en áreas urbanas y 55 por ciento en áreas rurales. Alrededor de 2,3 millones de personas todavía no tienen acceso a electricidad. Las zonas que se encuentran fuera del sistema interconectado plantean condiciones de electrificación especialmente difíciles con capacidad instalada basada casi exclusivamente en diésel, el 80 por ciento de la capacidad se encuentra en plantas en el umbral inferior a 100 kW” (Toledo Arias & others, 2013, p. 2).

“En Colombia, las fuentes disponibles de información de recurso solar indican que el país cuenta con una irradiación promedio de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/d, la cual supera el promedio mundial de 3,9 kWh/m<sup>2</sup>/d, y está muy por encima del promedio recibido en Alemania (3,0 kWh/m<sup>2</sup>/d), país que hace mayor uso de la energía solar fotovoltaica a nivel mundial, con aproximadamente 36 GW de capacidad instalada a 2013” (REN21 Renovables Global Status Report, 2014 citado por Sanabria Orozco, s/f, p. 4)

Dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible se encuentran la “Energía asequible y no contaminante”, para dicho objetivo se debe tener en cuenta la

generación de energía a partir de fuentes renovables, dentro de las cuales tenemos la obtención de energía a partir de una fuente inagotable que es sol, conocida como energía fotovoltaica o solar.

El uso de energías renovables en el planeta está creciendo fuertemente en los últimos tiempos. “Esto se debe principalmente a la conciencia ambiental en la política y a las nuevas necesidades de la sociedad. Los efectos directos de este crecimiento son la caída de los precios de los componentes y la mejora de la tecnología asociada. Este hecho puede ser aprovechado para diversificar el mercado de la energía” (D. V. C. T. JA Hernández, 2011, citado por Toledo Arias & others, 2013)

Los sistemas de energía eléctrica basados en el uso de fuentes de energías renovables como la energía fotovoltaica son una opción adecuada para disminuir la exigencia nacional de esta, lo que contraería una minimización a la demanda de energía a las hidroeléctricas, que han tenido diferentes altercados a causa de los fenómenos generados con el cambio climático; así mismo esta fuente de energía proporcionaría una opción para proveer de electricidad a comunidades aisladas.

Así mismo, el análisis de la viabilidad en la implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica, puede producir una base para difundir la puesta en marcha de estos sistemas, con el fin de disminuir los costos energéticos a mediano plazo o en algunos casos generar un ingreso extra con la venta de la energía sobrante al sistema energético nacional., así mismo, disminuir el impacto generado al medio ambiente con la generación de energía eléctrica a partir de recursos naturales no renovables.

## 2. MARCO REFERENCIAL

“Actualmente la población mundial asciende aproximadamente a 45'000.000 de habitantes, con necesidades claras de energía eléctrica debido a la creciente demanda para poder subsistir. Se estima que para el año 2020, la población sin acceso a la energía

eléctrica, será del orden de los 2.000 millones” (Calvo Bohórquez, 2009, p. 14). “La población que se encuentra muy distante del sistema nacional interconectado puede ser atendido viablemente mediante la electrificación con energía solar fotovoltaica aislada” (Ramírez, Siabato, & Orduz, 2017, p. 1).

“Colombia es un país que a pesar de su riqueza natural, ha centralizado sus fuentes energéticas, en métodos convencionales como las hidroeléctricas y combustibles fósiles, sistemas vulnerables y poco eficientes, como se ha venido demostrando en los últimos años, los fenómenos climáticos generan alertas que ponen en amenaza la continuidad del servicio” (Pinzón Arevalo & others, 2017, p. 2). Estas amenazas son generadas debido al calentamiento global, los gases de efecto invernadero que han deteriorado la calidad de vida del ser humano a causa de la contaminación producida por el sector industrial. –(Bitar S. & Chamas B., 2017).

“Entre las soluciones que se han propuesto e implementado durante los últimos 20 años a nivel mundial es la generación de la energía demandada por los sectores residencial, comercial e industrial a partir de fuentes no convencionales y de carácter renovable que contribuyan significativamente con la disminución de emisiones nocivas para el medio ambiente” –(Bitar S. & Chamas B., 2017, p. 3). Así, dentro de las fuentes no convencionales que se encuentra en auge es la generación de energía eléctrica a partir del sol, el cual consiste en un efecto fotoeléctrico o fotovoltaico, que convierte la luz en electricidad. Este proceso se consigue con algunos materiales que tienen la propiedad de absorber fotones y emitir electrones. Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad. (Sunedison 2010, citado por Galviz Garzón & Gutierrez Gallego, 2014). Dicho proceso ha venido evolucionando durante los últimos 30 años a grandes pasos, y es por eso que en este momento histórico, la energía solar fotovoltaica se convierte en una alternativa viable

tanto económica como ambientalmente.” (Ossa Ossa & others, 2016).

“Gracias a las nuevas políticas gubernamentales (Ley 1715 de 2014) para incentivar tecnologías de generación no convencional, la recuperación de la inversión inicial del proyecto con las condiciones actuales puede llevarse a cabo en alrededor de 7 años y medio para el 100 % de la demanda residencial analizada” –(Manrique, Monroy, & Cardona, 2015).

“La Agencia Internacional de Energía (IEA), estima que para el año 2050 la participación de la energía solar fotovoltaica como fuente será del 11% a nivel mundial y que tendrá costos y competitividad comparable con los precios de la electricidad en red hacia el año 2020” –(Agudelo, Yoceli, & Pérez Calderón, 2015, p. 22).

### 3. METODOLOGÍA

Para la realización de la presente monografía se efectuó en primer lugar una extensa búsqueda de información en bases de datos reconocidas por contener información veraz; posteriormente fueron evaluados cada uno de dichos documentos extrayendo de ellos las variables explícitas a analizar en la presente monografía, las cuales se presentan a continuación:

- **Potencia:** se presenta la potencia total de los paneles fotovoltaicos instalados en unidades de kW. Dicha variable se menciona en cada uno de los documentos de forma explícita. Se realizó la categorización de la potencia por rangos, Baja (0-2 kW), Media (2-10 kW) y Alta (>10 kW).
- **Vida útil:** hace referencia a la vida útil o periodo de garantía de los paneles solares utilizados, en años. Dicha variable se menciona en cada uno de los documentos de forma explícita. Se realizó la categorización de la vida útil por rangos, Corto plazo (1-5 años), Mediano plazo (5-10 años) y Largo plazo (>10 años).

- **Precio componentes:** se refiere a los costos totales de los paneles utilizados, inversores, reguladores de carga y baterías. Los valores encontrados en euros y dólares fueron convertidos a pesos colombianos con tasas de cambio de 1 dólar 3000 pesos colombianos y 1 euro 3450 pesos colombianos. Dicha variable se menciona en cada uno de los documentos de forma explícita.
- **Precio instalación:** se refiere a los costos de instalación como es la adecuación del terreno, la estructura de soporte y la mano de obra. Los valores encontrados en euros y dólares fueron convertidos a pesos colombianos con tasas de cambio de 1 dólar 3000 pesos colombianos y 1 euro 3450 pesos colombianos. Dicha variable se menciona en cada uno de los documentos de forma explícita.
- **Precio total:** hace referencia al costo total de la instalación del sistema fotovoltaico, correspondiente a la suma del precio de los componentes y el precio de la instalación. Dicha variable se menciona en cada uno de los documentos de forma explícita.
- **Costo de energía convencional:** hace referencia al valor por kWh consumido para diferentes estratos socioeconómicos. Dicho valor en algunos documentos se encontraba de manera explícita, y otros se realizó la división del costo total de la facturación mensual, en el número de kWh consumido en el mismo periodo.

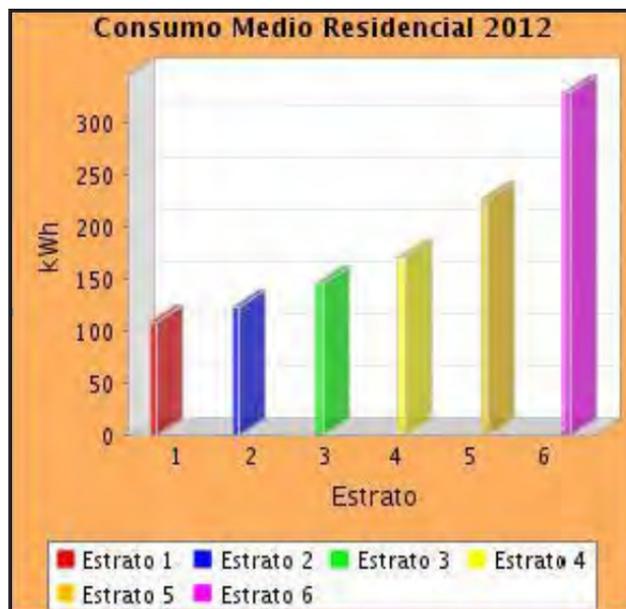
Una vez obtenida la información de los documentos y realizada la tabulación se procedió a elaborar su análisis estadístico en el software Microsoft Excel, con la representación de los datos por medio de tablas dinámicas, promedios, categorización por rangos, graficas de barras, así como la interrelación entre cada una de las variables; lo que permitió resumir y describir la información obtenida en la presente investigación.

## 4. RESULTADOS

### Consumo promedio mensual de energía eléctrica por estrato

El consumo de energía eléctrica promedio mensual es un valor importante para la implementación de un sistema fotovoltaico, por lo cual se toma como base de referencia la gráfica presentada a continuación.

**Figura 1.** Consumo energético mensual por estrato 2012



**Fuente:** Sistema único de información de servicios públicos. (SUI) República de Colombia, facturación promedio de energía año 2012. [Consultado 10 marzo 2013] disponible en la web: <http://www.sui.gov.co/SUIWeb/logon.jsp>

A partir de la gráfica se puede estimar que el consumo medio mensual residencia en Colombia para el estrato uno es de 100 kWh, el estrato dos es de 125 kWh, el estrato tres es de 150 kWh, el estrato cuatro 175 es de kWh, el estrato cinco es de 225 kWh y el estrato seis es de 325 kWh.

### Costo promedio de la energía convencional por estratos

Con la información recopilada, se determinó el costo promedio de la energía convencional para cada estrato, determinante en el cálculo del periodo de retorno de la inversión en la implementación de un sistema fotovoltaico.

**Tabla 1** Costo promedio energía convencional

Estrato	Costo promedio energía convencional (\$/kWh)
1	\$ 336,24
2	\$ 298,46
3	\$340,26
4	\$378,62
5	\$455,29
6	\$398,79

**Fuente:** Elaboración propia utilizando MS Excel

En la tabla se observa el costo promedio de la energía eléctrica convencional por cada kWh para cada uno de los estratos socioeconómicos del país. Determinando el valor para estrato uno de \$336,24 kWh, el estrato dos de \$298,46 kWh, el estrato tres de \$340,26 kWh, el estrato cuatro de \$378,62 kWh, el estrato cinco de \$455,29 kWh y el estrato seis de \$398,79 kWh.

### Costo energía eléctrica promedio en 25 años por estrato socioeconómico

Se estimó el costo de la energía convencional en 25 años a partir del promedio de consumo eléctrico y el costo promedio para cada uno de los estratos socioeconómicos.

Tabla 2 Costo energía eléctrica para 25 años por estrato

Estrato	Costo promedio energía convencional (\$/kWh)	Consumo energético promedio (kWh/mes)	Costo energía convencional (\$/mes)	Costo energía convencional en 25 años (\$)
1	336,24	100	\$ 33.624	\$ 10.087.211
2	298,46	125	\$ 37.307	\$ 11.192.101
3	340,26	150	\$ 51.039	\$ 15.311.610
4	378,62	175	\$ 66.258	\$ 19.877.504
5	455,29	225	\$ 102.440	\$ 30.732.038
6	398,79	325	\$ 129.606	\$ 38.881.760

Fuente: Elaboración propia utilizando MS Excel

Se observa que el costo de la energía eléctrica por un periodo de 25 años (vida útil de los paneles solares) para el estrato 4 es de \$19.877.504, para el estrato 5 es de \$30.732.038 y para el estrato 6 es de \$38.881.760.

### Implementación del sistema fotovoltaico según el estrato socio económico respecto a la vida útil de los paneles fotovoltaicos

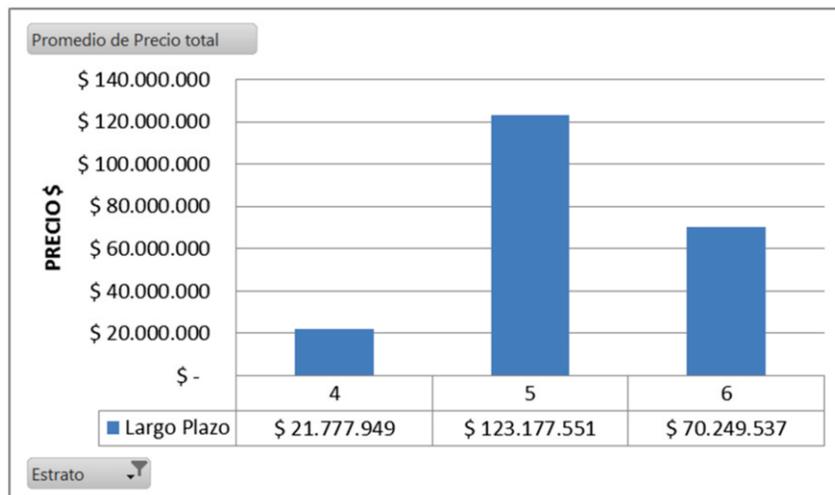
En base en la información se determinó un precio total de instalación de un sistema fotovoltaico para los estratos 4, 5 y 6 con vida útil mayor a los 10 años.

Tabla 3 Precio instalación por estrato según vida útil

Estrato	Precio total para largo Plazo
4	\$ 21.777.949
5	\$ 123.177.551
6	\$ 70.249.537

Fuente: Elaboración propia utilizando MS Excel

Figura 2. Precio instalación por estrato según vida útil



Fuente: Elaboración propia utilizando MS Excel

Se determina que el costo promedio de instalación de un sistema fotovoltaico completo (paneles solares, inversores y baterías) para el estrato 4 es de \$21.777.949, para el estrato 5 es de \$123.177.551 y para el estrato 6 es de \$70.249.537.

**Precio de los paneles fotovoltaicos por rangos de potencia.**

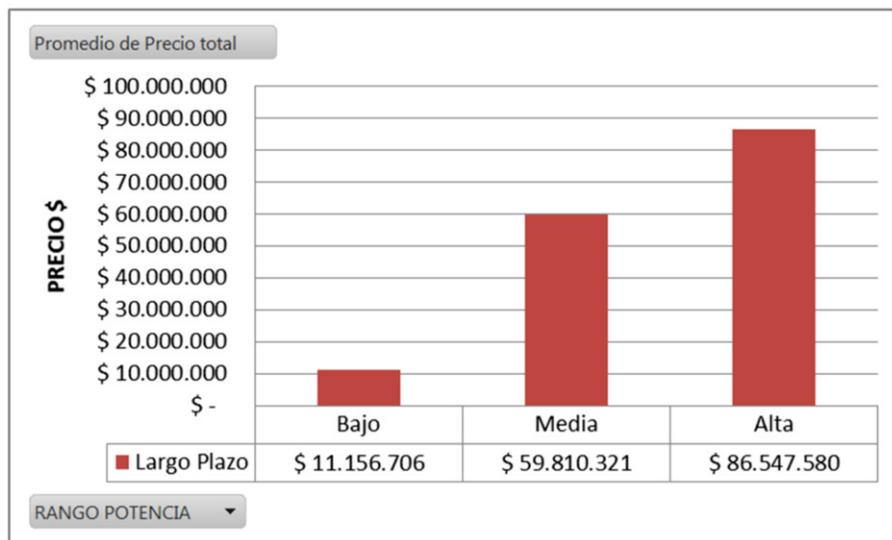
Se estimó el precio total de instalación del sistema fotovoltaico para los rangos de potencia, Baja (0-2 kW), Media (2-10 kW) y Alta (>10 kW), con vida útil superior a los 10 años.

**Tabla 4** Precio por rangos de potencia

Potencia	Precio total
Bajo	\$ 11.156.706
Media	\$ 59.810.321
Alta	\$ 86.547.580

**Fuente:** Elaboración propia utilizando MS Excel

**Figura 3.** Precio por rangos de potencia



**Fuente:** Elaboración propia utilizando MS Excel

Se comprueba que los paneles fotovoltaicos con larga vida útil (>10 años) y alta potencia (>10kW) tienen un valor alto de \$ 86.547.580 donde esos paneles fotovoltaicos de alta potencia son

principalmente para uso comercial o industrial, en donde es más factible instalar en vivienda los paneles fotovoltaico de potencia media con un valor de \$ 59.810.310, por recursos y factibilidad económica.

## 5. CONCLUSIONES

- Se determinó que la viabilidad económica en la implementación de paneles fotovoltaicos como una alternativa para la red de distribución eléctrica tradicional, es acertada para el estrato 4 con un sistema fotovoltaico completo (paneles solares, inversores y baterías); por otra parte, no es viable un sistema fotovoltaico completo para estratos 5 y 6 para los cuales sería viable implementar un sistema interconectado a la red convencional.
- La instalación de un sistema fotovoltaico completo (paneles solares, inversores y baterías) para un periodo de 25 años (vida útil de los paneles solares) para el estrato 4 es viable económicamente según el análisis realizado a la información obtenida, teniendo en cuenta que el costo de instalación promedio es de \$21.777.949 y el costo de la energía convencional es de \$19.877.504.
- Para el estrato 5 el costo de la energía convencional en 25 años es de \$30.732.038 y la instalación del sistema fotovoltaico es de \$123.177.551, siendo este no viable económicamente; aunque es importante destacar que este valor corresponde a un sistema de alta potencia.
- En cuanto para el estrato 6, el costo de la energía convencional en 25 años es de \$38.881.760 y la instalación del sistema fotovoltaico es de \$70.249.537, siendo este no viable económicamente; aunque es importante destacar que este valor corresponde a un sistema de alta potencia.
- La instalación de un sistema fotovoltaico se hace más viable al no usar baterías, ya que estas representan un elevado costo en la actualidad; realizando un sistema conectado a la red convencional que suministren la energía requerida en horas que no se presenta radiación solar.
- Dado que los paneles fotovoltaicos son para el desarrollo de viviendas sustentables se recomienda que los paneles fotovoltaicos no sean los de alta potencia ya que son más costosos; al suplir una mayor demanda energética, los paneles fotovoltaicos de alta potencia se implementarían principalmente en la parte comercial y de industrias.
- El aprovechamiento de la energía solar trae consigo grandes beneficios tanto económicos, sociales, educativos y medioambientales. Este tipo de energía tiene un gran punto a favor, debido a que es inagotable puesto a que se recibe constantemente durante el día en muchas partes de nuestro país con niveles de radiación adecuados, por lo cual se le podría dar un uso correcto a esta energía solar, disminuyendo la contaminación del medio ambiente en la generación de energía eléctrica, y consigo la huella ecológica que genera cada uno de los habitantes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, G., Yoceli, C., & Pérez Calderón, M. L. (2015). Análisis de viabilidad del suministro de energía eléctrica a la granja la fortaleza ubicada en MelgarTolima mediante la implementación de un sistema solar fotovoltaico. Recuperado a partir de <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/7962>
- Bitar S., S. M., & Chamas B., F. (2017). Estudio de Factibilidad para la Implementacion de Sistemas Fotovoltaicos como fuente de energía en el sector industrial de colombia. Colegio de Estudios Superiores de Administración CESA-, Bogotá.
- Calvo Bohórquez, F. (2009). Análisis de viabilidad para la implementación de sistemas de generación eléctrica usando energía solar para uso residencial. Recuperado a partir de <http://bibliotecadigital.usb.edu.co/handle/10819/319>
- Galviz Garzón, J. S., & Gutierrez Gallego, R. (2014). Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaico para la población Wayuu en Nazareth corregimiento del municipio de Uribí, departamento de la Guajira, Colombia. Recuperado a partir de <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/2590>
- Manrique, A. K. R., Monroy, Á. I. C., & Cardona, A. J. A. (2015). Diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica para usuarios residenciales en Chía, Cundinamarca. *Revista Mutis*, 5(1), 5565.
- Ossa Ossa, G. L., & others. (2016). Estudio técnico y financiero para la implementación de sistemas solares de alumbrado público en las zonas comunes de conjuntos residenciales (B.S. thesis). Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado a partir de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/6603>
- Pinzón Arevalo, L. V., & others. (2017). Alternativa en el aprovechamiento de energía solar ante crisis energética en Colombia (B.S. thesis). Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado a partir de <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15275>
- Ramírez, E. B. R., Siabato, A. I. B., & Orduz, M. G. (2017). Analisis tecnico, socioeconomico y ambiental de la electrificación con energía solar fotovoltaica aislada para vivienda rural en Hato Corozal, Casanare, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(1). Recuperado a partir de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1853>
- Sanabria Orozco. (s/f). Análisis costo/beneficio de la implementación de tecnologías de energía con paneles solares en la ESE Hospital San Cristóbal.
- Toledo Arias, C. A., & others. (2013). Evaluación de la energía solar fotovoltaica como solución a la dependencia energética de zonas rurales de Colombia. Recuperado a partir de <http://repositorio.upct.es/handle/10317/3780>