

Energía Fotovoltaica - Autogeneración de Energía Eléctrica para una Vivienda en Barrancabermeja

(Photovoltaic Energy - Self-generation of Electric Energy for a House in Barrancabermeja)

Orjuela Chacón Omar Orlando¹
omar.orjuela@unipaz.edu.co

Instituto Universitario de la Paz, Escuela de Ingeniería de Producción, Grupo de Investigación en Reingeniería, Innovación y Productividad, GREIP(1)

Recibido: mayo 4 de 2023 – Aceptado

Resumen

Teniendo en cuenta los crecientes problemas ambientales que están sucediendo en todo el mundo, la necesidad de un eficiente manejo de la energía y el ahorro de la misma, son problemas que conciernen a todos los habitantes del planeta. Una de las soluciones que más se plantean a estos problemas es la instalación de paneles solares en las viviendas para autogenerar la energía necesaria para su funcionamiento. Se analizó la viabilidad económica de la implementación de un sistema de paneles solares en una vivienda unifamiliar en la ciudad de Barrancabermeja mediante un análisis de costos, comparando el sistema fotovoltaico con la red eléctrica existente, se determinó cual es el sistema más viable económicamente para reemplazar el sistema actual por uno fotovoltaico, concluyendo que para la zona urbana y rural donde existe red eléctrica, el sistema más conveniente es el sistema On Grid.

Palabras clave: Calentamiento global, Sistema fotovoltaico, panel solar, Fuente convencional de energía. Eficiencia energética, Generador de energía

Abstract

Considering the growing environmental problems that are occurring around the world, the need for efficient energy management and energy savings are problems that concern all the inhabitants of the planet. One of the most common solutions to these problems is the installation of solar panels in homes to self-generate the energy necessary for their operation. The economic feasibility of the implementation of a solar panel system in a single-family house in the city of Barrancabermeja was analyzed through a cost analysis, comparing the photovoltaic system with the existing electrical grid, it was determined which is the most economically viable system to replace the current system with a photovoltaic one, concluding that for the urban and rural area where there is an existing electrical grid, the most convenient system is the On Grid system.

Keywords: Global warming, Photovoltaic system, Solar panel, Conventional energy source. Energy efficiency, Power genera

I. INTRODUCCIÓN

Nuestro planeta está atravesando una crisis ambiental sin precedentes, los recursos naturales se agotan y la industria mundial genera más daños día a día y una de las principales causas de esto es nuestra dependencia de los Combustibles Fósiles para la industria, para la movilización, el transporte entre otras. El calentamiento global aumenta con el incremento de CO₂ en la atmosfera y este incremento en el CO₂ puede tener fuente en algunos procesos naturales, pero también se genera en gran parte debido a la intervención humana en procesos y actividades como lo son la tala de árboles y el uso de combustibles de origen fósil como el carbón o el petróleo. Como lo mencionan Caballero, Lozano y Ortega

Resulta algo difícil determinar qué porcentaje del calentamiento global es causado por fenómenos naturales y cuánto se debe a causas provocadas por el hombre. Sin embargo, los resultados de las simulaciones climáticas que tienen en cuenta todas las causas posibles sugieren que solo se debe considerar la contribución de la actividad humana, especialmente dadas las tendencias de calentamiento divergentes observadas en las últimas décadas [1].

¿Cambio climático? ¿Dónde?

Cambio en la temperatura media global anual con respecto al periodo 1850-1900

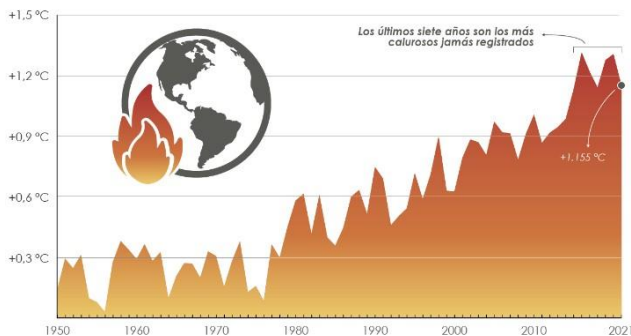


Fig. 1. Cambio en la temperatura media global anual con respecto al periodo 1850-1900. [2]

Una manera en la que se pueden apreciar fácilmente las consecuencias del calentamiento global es la rápida reducción en el volumen de hielo en los polos lo cual ha generado que el oso polar se encuentre cerca de la extinción [3]. Si bien el deshielo se presenta de forma natural, en la actualidad sucede cada vez con más velocidad, lo cual se convierte en un problema muy grave para todos los seres vivos que hacemos parte del planeta. Para este 2023 la temperatura promedio del planeta ya está 1 grado centígrado más alta que en el siglo pasado (Fig. 1.) y de seguir a este ritmo se perdería todo el hielo de los polos aproximadamente para el año 2060. Lo más grave de la situación es que a pesar de la evidencia científica y el peligro inminente en el que se encuentra la raza humana, aún existe una fuerte tendencia a

la negación del problema (principalmente por motivos económicos) y se hace caso omiso a todas las advertencias de la comunidad científica.

La obtención de energía a partir de fuentes alternativas limpias o fuentes renovables no convencionales se definió en la Ley 1715 de 2014 como "una fuente de energía renovable disponible a nivel mundial y ambientalmente sostenible, pero que no se usa internamente en nuestro país o se usa muy poco". comercialmente disponible. Se determinan como FNCER (Fuentes No Convencionales de Energía Renovable) aprovechamientos hidroeléctricos a pequeña escala, la energía eólica, la energía geotérmica, la energía solar y los mares, si bien las fuentes de energía no convencional no están totalmente libres de impactos ambientales, sí se presentan como una gran oportunidad para minimizar los impactos ambientales al planeta a la vez que prometen disminuir considerablemente los costos que el usuario final debe pagar en sus facturas de energía. La energía solar es una de las fuentes de energía no renovable más económica y es por eso que es la que mayor potencial de crecimiento presenta para los años venideros. Según la IEA (Asociación Internacional de Energía), solamente en 2021 se generaron más de 994TWh (Tera vatios-hora) en todo el mundo.

El presente artículo se centra en la energía solar fotovoltaica la cual es la fuente de energía alternativa más común, más comercializada y más utilizada en nuestro país. Los medios de comunicación y los principales proveedores de estos sistemas de energía resaltan su aporte a la conservación del planeta, disminuyendo la dependencia de las centrales hidroeléctricas, y prometen grandes ahorros en términos económicos al usuario final.

Uno de los principales factores que influyen en el costo de instalación de paneles solares en Colombia es el tamaño del sistema. Un sistema más grande puede generar más energía, pero también requiere una inversión inicial más grande. El costo de instalación de paneles solares también depende de la calidad de los paneles y otros componentes. Paneles solares de alta calidad son más caros, pero también pueden generar más energía y durar más tiempo. Otro factor que influye en el costo de instalación de paneles solares en Colombia es la ubicación geográfica. La región de la Costa Caribe es la que cuenta con las condiciones más favorables para la producción de energía solar en Colombia, debido a su ubicación geográfica y a su clima, por lo que en dicha región, el costo de instalación de paneles solares puede ser más bajo debido a la alta irradiación solar.

Se presenta un análisis detallado de los costos totales para la instalación y funcionamiento de un sistema de paneles solares para una vivienda unifamiliar en el municipio de Barrancabermeja departamento de Santander, tanto en el sistema Off-Grid como en el sistema On-Grid, teniendo en cuenta los costos de equipos, insumos, instalación, puesta en marcha, mantenimientos y vida útil del sistema. Se concluye que, si bien estas alternativas son económicamente viables, el

ahorro económico en ambos casos es muy distinto y la decisión al escoger el sistema dependerá prácticamente en su totalidad de la existencia y facilidad a la conexión a la red pública.

Por otro lado, se encuentra que los beneficios ambientales obtenidos con el uso de estos sistemas son considerables ya que esta es una fuente de energía limpia y renovable, no pone en peligro ni contribuye al calentamiento global, está exenta de gases generadores de efecto invernadero, la energía que se puede obtener es ilimitada, favorece al desarrollo sostenible, reduce el consumo de combustibles de tipo fósil y muchas otras ventajas.

II. NORMATIVIDAD

La reciente pandemia debida al coronavirus evidenció la vulnerabilidad de las sociedades y economías frente a las crisis globales, y ante una inminente crisis climática, es necesario iniciar cambios urgentes en pos de mejorar la situación climática y energética en el planeta.

Como lo menciona la Agencia Internacional de Energías Renovables, Las fuentes de energía renovables no convencionales como la solar y la eólica deben ser una prioridad para el sector energético en los próximos años, según cálculos aproximadamente hasta el 2030. Todo esto con el fin de lograr que el calentamiento global llegue a un máximo de 1,5 °C, como se instituyó en el Acuerdo de París llevado a cabo en 2015. Una buena gestión ambiental en las empresas, industrias y aún en nuestros hogares, juega un papel fundamental para la conservación y para la recuperación del planeta

El gobierno colombiano ha implementado varias políticas fiscales y financieras para promover la energía solar en el país. Uno de los incentivos fiscales más importantes es la exención de impuestos sobre las importaciones de equipos y materiales necesarios para la producción de energía solar. Esto reduce los costos de los equipos y hace que la energía solar sea más asequible para las empresas y hogares.

Además, el gobierno ha establecido un programa de créditos verdes para financiar la instalación de paneles solares en hogares y empresas. Este programa ofrece préstamos con tasas de interés preferenciales y plazos de pago flexibles para facilitar el acceso a la tecnología solar. También se han establecido fondos de inversión para apoyar proyectos de energía solar a gran escala en el país.

El gobierno colombiano también ha establecido regulaciones para la instalación de paneles solares en el país. Estas regulaciones incluyen la aprobación de planos y la inspección técnica de los sistemas de energía solar para garantizar que cumplan con los estándares de seguridad y calidad. También se han establecido normas para la conexión de sistemas de energía solar a la red eléctrica, lo que garantiza la seguridad y confiabilidad del suministro de energía. Además, el Ministerio de Minas y Energía ha establecido un marco regulatorio para la generación de energía renovable en Colombia. Este marco establece metas específicas de

energía renovable para el país y establece requisitos técnicos y de seguridad para los proyectos de energía renovable, incluyendo la energía solar.

En Colombia, la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas), es la entidad delegada para dictar las regulaciones los servicios públicos de energía eléctrica, gas y combustibles líquidos en Colombia. La CREG ha establecido regulaciones para fomentar el uso de la energía solar en Colombia. Una de las regulaciones más importantes es la Resolución CREG 030 de 2018, que establece los requisitos técnicos y de seguridad para la conexión de sistemas de generación distribuida de energía solar a la red eléctrica. En la anterior resolución también se ha establecido una tarifa regulada para la energía solar. Esta tarifa garantiza a los productores de energía solar un precio mínimo por cada kilovatio hora de electricidad generada, lo que les permite recuperar sus costos de inversión y obtener ganancias.

La CREG también ha promovido la implementación de proyectos de energía solar a gran escala en Colombia.

En la Ley 1715 de 2014 [3] se instaura un marco legal e instrumentos que fomentan y/o promueven el uso de energías obtenidas de manera no tradicionales, específicamente las renovables, y se busca promover la inversión, la investigación y satisfacer a nivel nacional la demanda presentada. También tiene como objetivo desarrollar protocolos para implementar los compromisos de Colombia con las energías renovables, su eficiente utilización y la reducción de cualquier agente contaminante como los gases invernadero.

En el artículo 5 de dicha ley, se define como autogeneración, las actividades realizadas por toda persona natural o jurídica que produzca energía eléctrica para satisfacer sus propias necesidades, y en caso de generar más de lo consumido, será la CREG quien determine si puede entregar este excedente a la red pública y como debe hacerlo.

Según el DECRETO 2469 DE 2014, son considerados productores a gran escala aquellas personas naturales o jurídicas que generen más de 1MW y son considerados productores a pequeña escala los que generen 1MW o menos.

III. PANELES SOLARES EN COLOMBIA

Los paneles solares son una alternativa limpia y sostenible para la obtención de energía eléctrica en Colombia. La energía solar es una fuente renovable de energía carente de emisiones de gases causantes de efecto invernadero y que no contamina el medio ambiente. En los últimos años, la instalación de paneles solares ha ganado popularidad en el país debido a la reducción sustancial de los costos de producción y la creciente conciencia ambiental. En Colombia, la energía solar se ha venido convirtiendo en una de las fuentes de energía más prometedoras para el futuro. El país percibe un gran potencial para la producción de energía solar, gracias a su ubicación geográfica privilegiada. La energía solar es una fuente de energía constante y confiable, especialmente en regiones con

altos niveles de irradiación solar, como la región de la Costa Caribe, la Orinoquia y la región Andina.

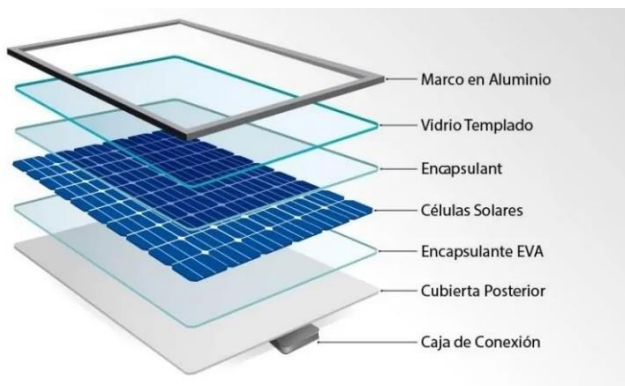
La instalación de paneles solares en Colombia ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años.

En Colombia, existen actualmente 38 parques solares que generan energía a partir de la radiación solar. Algunos de los parques solares más importantes en el país son:

Ecoparque Solar Brisas: ubicado en el municipio de Aipe(Huila), construido por la empresa AES Colombia, que tiene una capacidad instalada de 26 MW [3]

Parque Solar Andrómeda: localizado en el municipio de Tolúviejo en Sucre, con una capacidad de producción de 100MW. [4]

Parque Solar Bolívar: ubicado en el departamento de



Cesar, es uno de los parques solares más grandes de América Latina, con una capacidad instalada de 250 MW. [5]

Parque Solar Guajira I: ubicado en el departamento de LaGuajira, este parque solar tiene una capacidad instalada de 50MW y fue construido por la empresa italiana Enel Green Power. [6]

Parque Solar El Paso: se encuentra ubicado en el departamento de Cesar, este parque solar tiene una capacidad instalada de 86 MW y fue construido por la empresa española Solarpack. [7]

Parque Solar Celsia Solar Yumbo: ubicado en el departamento del Valle del Cauca, este parque solar tiene una capacidad instalada de 9,8 MW y fue construido por la empresa colombiana Celsia. [5]

Parque Solar Guayepo III: ubicado en los municipios de Sabanalarga y Ponedero de Atlántico, este parque solar tiene una capacidad instalada de 200 MW y fue construido por la empresa española Técnicas Reunidas. [4]

Estos son solo algunos de los parques solares en Colombia, pero existen otros proyectos en construcción y en planificación que aumentarán la capacidad instalada de energía solar en el país

Uno de los mayores beneficios de los paneles solares es que pueden generar energía en lugares remotos o aislados, donde no hay acceso a la red eléctrica convencional. Esto es especialmente útil en regiones rurales de Colombia, donde la electrificación es limitada o inexistente. Los paneles solares también pueden ser utilizados para suministrar energía en emergencias o situaciones de desastre, lo que los hace una alternativa importante y segura en estos casos.

IV. SISTEMA FOTOVOLTAICO

El Sistema fotovoltaico consta o está compuesto por un conjunto de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos capaces de transformar la radiación que capta del sol en energía eléctrica. El sistema se compone principalmente por paneles solares, inversor, conectores, cableado, tableros, breakers entre otros y dependiendo del tipo de conexión elegido, se determinan los demás componentes del sistema.

Paneles solares: Los paneles solares son los componentes más importantes del sistema fotovoltaico, ya que son los encargados de tomar la energía solar y transformarla en electricidad. Los paneles solares son dispositivos hechos de metales fotosensibles que emiten electrones cuando son excitados por la luz. Este desprendimiento de electrones es lo que genera la energía eléctrica. Los paneles están principalmente contruidos en celdas elaboradas de silicio puro con alguna cantidad de impurezas de algunos otros elementos. Las principales partes que componen un panel se muestran en la figura 2.

Fig. 2. Componentes De Un Panel Solar [8]

La capacidad de generación de un panel está determinada por la calidad de sus materiales y su fabricación, así mismo a mayor número de paneles solares mayor será la cantidad de energía conseguida. Los paneles pueden conectarse en serie o en paralelo dependiendo de nuestros requerimientos, así, si requerimos un mayor voltaje a los ofrecidos por los paneles los conectaremos en serie y si lo que queremos es un amperaje más alto y conseguir así una mayor potencia, los podemos conectar en paralelo.

Inversor: los paneles solares generan una corriente eléctrica denominada es corriente continua (CC), en la cual las cargas eléctricas se desplazan siempre en el mismo sentido y este tipo de corriente no es utilizable por la mayoría de los dispositivos eléctricos. Por lo tanto, se necesita de un inversor para transformar esta corriente continua en corriente alterna (CA), que es la que llega comúnmente a nuestros hogares y la que utilizan los dispositivos eléctricos usados en estos.

Baterías: Las baterías son utilizadas para almacenar la energía obtenida por los paneles solares. Estas baterías pueden utilizarse para proporcionar energía durante la noche o en días nublados cuando no hay suficiente luz solar para generar

electricidad. Las baterías también pueden utilizarse como sistema de respaldo o plan B en caso de un apagón.

Sistema de montaje: Los paneles solares necesitan ser montados en algún lugar, y esto se logra mediante un sistema de montaje. Hay varios tipos de sistemas de montaje disponibles, incluyendo montajes en tierra, montajes en techos y montajes en pared.

Cableado y conectores: los cables y conectores son componentes importantes del sistema que conectan los paneles solares al inversor y al medidor bidireccional. Los cables y conectores deben ser de alta calidad y estar diseñados para soportar las condiciones climáticas extremas y la exposición a la luz solar directa.

Medidor bidireccional: Este contador de energía mide la cantidad de energía captada por los paneles solares que no utilizamos en nuestro hogar, la cual es enviada a la red pública y a la vez mide la energía que se tomamos de la red eléctrica pública cuando la generada por los paneles es insuficiente para satisfacer las necesidades del hogar. Esto permite a los propietarios de sistemas de generación de energía con paneles solares recibir créditos por la energía que generan y devuelven a la red eléctrica.

Para la implementación de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en una vivienda unifamiliar en Barrancabermeja, tenemos las opciones que nuestro sistema se encuentre conectado On-Grid o que se encuentre Off-Grid.

Sistema Off Grid (también conocido como Standalone System) es un tipo de sistema de energía solar que no está conectado a la red eléctrica nacional o local. Este tipo de sistema utiliza paneles solares para generar electricidad a partir de la energía del sol y la almacena en baterías para su uso posterior. El sistema Off-Grid (Figura 3) nos indica que nuestro sistema es autónomo de la red y por lo tanto requeriremos de equipos adicionales como algunas baterías necesarias para la acumulación de la energía.

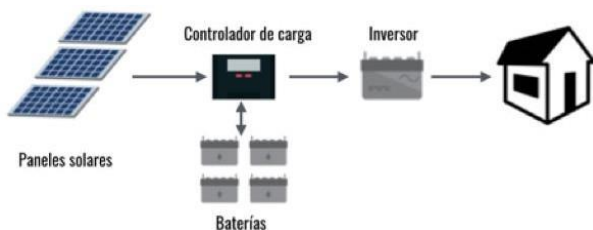


Fig. 3. Sistema solar fotovoltaico Off-Grid [9]

El sistema Off Grid se compone principalmente de paneles solares, un sistema de almacenamiento de energía por medio de baterías, un controlador de carga y un dispositivo inversor de corriente. Los paneles solares convierten la energía solar en electricidad de corriente continua (DC), y el controlador descarga regula la cantidad de energía que se almacena en las baterías. El inversor convierte la corriente continua en corriente alterna (AC) para que pueda ser utilizada por los

hogares y empresas.

La principal ventaja de un sistema Off Grid es que proporciona energía de respaldo en caso de un apagón o cuando no hay acceso a la red eléctrica. Además, los propietarios pueden utilizar este sistema en áreas remotas o rurales donde no hay acceso a la red eléctrica. También es una buena opción para los propietarios que desean ser completamente autosuficientes en términos de energía, ya que no dependen de la red eléctrica nacional o local.

Sin embargo, una desventaja potencial de un sistema Off Grides que es más complejo y costoso que un sistema On Grid. Las baterías de almacenamiento son un componente clave del sistema Off Grid y pueden ser caras. Además, los propietarios deben asegurarse de que el sistema esté dimensionado correctamente para sus necesidades energéticas y considerar el mantenimiento y la vida útil de las baterías.

En resumen, un sistema Off Grid es un tipo de sistema de energía solar que no está conectado a la red eléctrica nacional o local. Es una opción popular para los propietarios que desean energía de respaldo en caso de un apagón o que viven en áreas remotas o rurales donde no hay acceso a la red eléctrica. Sin embargo, es importante tener en cuenta que un sistema Off Grid es más complejo y costoso que un sistema On Grid y requiere un mantenimiento y cuidado de las baterías de almacenamiento.

Sistema On-Grid:

El sistema On Grid (también conocido como Grid Tie System) nos indica que este el sistema se encuentra conectado a la red pública que suministra la energía al municipio y por lo tanto requeriremos de un medidor bidireccional el cual nos servirá para determinar cuanta energía consumimos de la red y cuanta entregamos a la misma y por consiguiente no necesitaremos de baterías ni de ningún dispositivo o sistema para el almacenamiento de la energía. desventaja potencial de un sistema On Grid es que, si hay una interrupción en la red eléctrica, el sistema solar también se apagará. Esto se debe a que los sistemas On Grid están diseñados para no alimentar electricidad a la red eléctrica durante un corte de energía, para proteger a los trabajadores de la electricidad que trabajan para reparar la red. Por lo tanto, es importante tener en cuenta que un sistema On Grid no proporcionará electricidad de respaldo en caso de un apagón.

V. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

A continuación, se presentan los diferentes equipos y accesorios correspondientes a los diferentes sistemas, así como sus especificaciones utilizadas para el análisis de costos presentado en este documento:

a. Costos Sistema Off-Grid: Kit Solar Litio 300 Kwh/mes

Los costos para el sistema fotovoltaico para una vivienda en Barrancabermeja, se calculó para que este sea capaz de generar en promedio 300 kWh/mes, teniendo en cuenta todos

los factores ambientales y externos como lo son las horas de sol y de sombra, las estaciones, la ubicación y localización, temperatura, etc.

Los costos de los componentes del sistema de 300 kWh/mes se calcularon promediando los costos ofertados por tres proveedores diferentes. En la Tabla 1 se presentan dichos

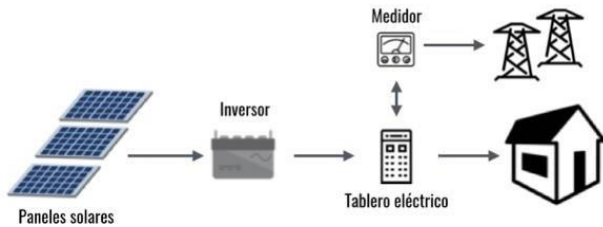


Fig. 4. Sistema solar fotovoltaico On-Grid [9]

La principal ventaja de un sistema On Grid es que no requiere baterías de almacenamiento, ya que la electricidad generada por el sistema solar se vierte directamente en la red eléctrica. Esto significa que el sistema es más simple y económico que otros sistemas de energía solar, y que los propietarios pueden reducir significativamente sus facturas de energía al generar su propia electricidad.

En algunos países o regiones, incluyendo a Colombia, los propietarios de sistemas On Grid pueden recibir créditos por la electricidad que producen y vierten en la red eléctrica, lo que puede generar ingresos adicionales. Sin embargo, una

costos.

TABLA 1
COSTOS PROMEDIO PROVEEDORES DE SISTEMA FOTVOLTAICO

Descripción	Cantidad	Precio	
		Unitario	Total
Kit Solar 300Kwh/mes con Batería de Litio			
Panel Solar 50W	6	\$ 3.500.000	\$ 21.000.000
Batería Litio Pylontech US2000 Plus 48V 2.4kWh	6	\$ 5.710.628	\$ 34.263.768
Repartidor-Bornera LEGRAND Bipolar 40A	1	\$ 118.781	\$ 118.781
CAJA ESTANCA 150X110X70 PVC LMG	1	\$ 30.190	\$ 30.190
Conectores RETIE MC4	5	\$ 13.320	\$ 66.598
DC			

Fusible 63A Mersen 22x58 690VAC	1	\$ 45.770	\$ 45.770
Portafusible 125A EBCHQ 22x58 690VAC	1	\$ 60.921	\$ 60.921
Borne de Conexión Carril Din Tierra	1	\$ 8.750,07	\$ 8.750,07
Borne de Conexión Carril Din Gris	1	\$ 8.500,17	\$ 8.500,17
Tablero Sobreponer Polos	2	\$ 56.037,10	\$ 112.074,20
AC			
VIGILANTE DE TENSIÓN 110V 30A 1HP MONOFÁSICO	1	\$ 124.694,15	\$ 124.694,15
ESTRUCTURA TECHO METÁLICO			
Base instalación inversor	1	\$ 351.174,95	\$ 351.174,95
Montaje de Base de Inversor	1	\$ 101.999,66	\$ 101.999,66
Canaleta Ranurada Gris 40X60 Dexon x1m	1	\$ 25.500,51	\$ 25.500,51
TOTAL			\$ 56.318.724

El costo de la mano de obra, el Inversor, el cableado, y demás componentes no incluidos en la tabla 1, están incluidos en el costo de los paneles solares. A los costos anteriores se debe adicionar algunos costos extra (ver Tabla 2) como lo son las baterías de recambio (12 en total) y los costos de mantenimiento presentados.

TABLA 2
COSTOS ADICIONALES SISTEMA OFF-GRID

Descripción	Valor Total
Baterías Recambio	\$ 68.527.536,00
Mantenimiento	\$ 5.000.000,00
TOTAL	\$ 86.527.536,00

Las baterías de litio tienen una vida útil de 10 años por lo que durante la vida útil de los paneles solares que es de 25 años, hay que cambiarlas 2 veces lo que representa un costo de \$68.527.536,00 correspondientes a 2 cambios de 6 baterías cada uno. Los costos de instalación y transporte

ya están incluidos en los costos de los materiales. Los costos de mantenimiento son muy relativos, ya que no se puede determinar con certeza que componentes pueden fallar por lo que se tomó un estimado de \$5.000.000 que se considera bajo para los 25 años de vida útil del sistema.

Con los datos anteriores se calcula el costo total del sistema durante los 25 años de vida útil, lo que da un valor de:

$$\text{Costo total} = \$56.318.724 + \$68.527.536 + \$5.000.000$$

$$\text{Costo total} = \$129.846.260$$

A continuación, en la Tabla 3, se presenta el costo total por mes y por Kw/h (kilovatio-hora) que se obtienen con la instalación del sistema

TABLA 3

COSTO TOTAL Y COSTO MENSUAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID

Costo total sistema (\$)	Costo x mes (\$) 300 Kwh/mes
\$129.846.260	\$432.820

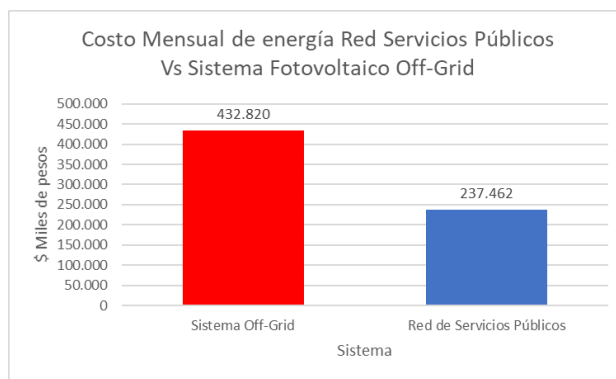


Fig. 5. Costo Mensual de energía Red Servicios Públicos Vs Sistema Fotovoltaico Off-Grid

Se puede observar en la Figura 5 que el costo mensual de la energía instalando un sistema Off-grid es mucho más alto que lo que se paga a la red de servicios públicos.

b. Costos Sistema On-Grid

Para el sistema On-Grid se utilizan los mismos materiales que para el sistema Off-Grid exceptuando las baterías y agregando el costo de un medidor bidireccional que tiene un costo aproximado de \$950.000 incluida la instalación. Esto significa que el costo total del sistema sería de:

$$\text{Costo total} = \$56.318.724 - \$34.263.768 + \$5.000.000,00 + \$950.000$$

$$\text{Costo total} = \$28.004.956$$

En la tabla 4 se muestra el costo total y el costo mensual de un sistema On-Grid con capacidad para 300Kwh/mes.

TABLA 4
COSTO TOTAL Y COSTO MENSUAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID

Costo Total Sistema (\$)	Costo X Mes (\$) 300 Kwh/Mes
\$28.004.956	\$90.183.19

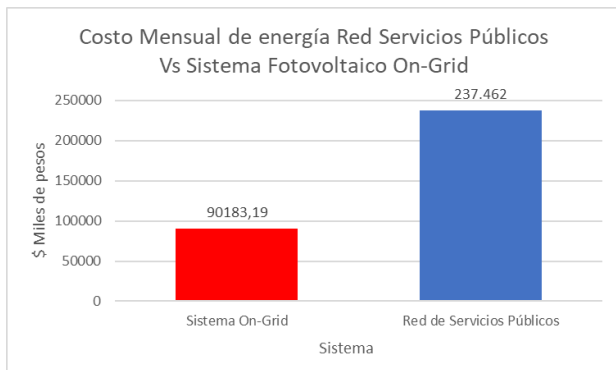


Fig. 6. Costo Mensual de energía Red Servicios Públicos Vs Sistema Fotovoltaico On-Grid

En la Figura 6 que el costo mensual de la energía instalando un sistema On-grid es mucho más bajo que lo que se paga a la red de servicios públicos, por lo que el sistema es económicamente muy conveniente.

VI. RESULTADOS

El costo mensual por 300 Kwh/mes cobrado por la ESSA en comparación al costo de esta misma energía con el sistema fotovoltaico **Off-Grid** y el sistema On-Grid lo podemos ver en la figura 7.

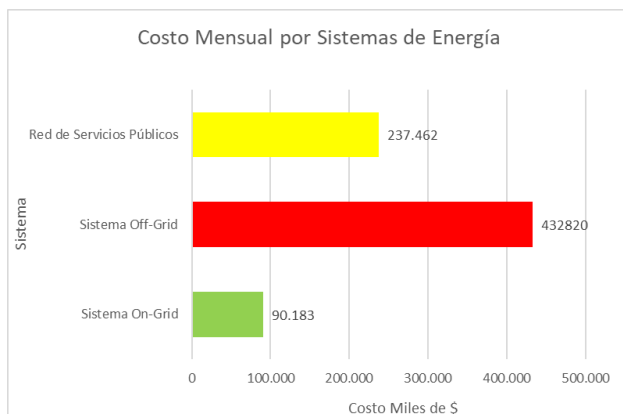


Fig. 7. Costo Mensual por sistemas de energía

Se puede ver claramente que un sistema Off-Grid, no es

sumada a los costos de recambios y mantenimientos suponen un sobre costo considerable en comparación con los costos que se pagarían por la misma cantidad de energía si esta fuera suministrada por el sistema público (aproximadamente del 82% de sobre costo).

Podemos afirmar que si bien el sistema Off-Grid, es más costoso que la energía suministrada por la red pública sigue siendo una alternativa para aquellos lugares alejados en donde no se cuenta con red pública que suministre el servicio.

Por otro lado, tenemos el sistema **On-Grid**, en el cual el costo de esta misma energía (300Kwh/mes) sería

aproximadamente de \$90.183.19, lo que daría un ahorro aproximado de \$147.279 mensuales.

Se puede concluir que la instalación de un sistema On-Grid es el más conveniente económicamente para ser instalado ya que representa un ahorro considerable en la factura de energía (aproximadamente un 62% de ahorro)

VII. CONCLUSIONES

económicamente viable ya que el costo de la inversión inicial Los paneles solares son una alternativa prometedora y sostenible y que se debe tener en cuenta para la producción de energía eléctrica en Colombia, siendo el sistema On-grid, el sistema más conveniente económicamente hablando para instalar en una vivienda urbana en la ciudad de Barrancabermeja.

Debido a sus altos costos, la instalación de un sistema Off-grid no es una opción viable para el entorno urbano, pero si lo sigue siendo para lugares aislados que no cuenten con una red de servicios públicos. La energía solar es una fuente de energía limpia y renovable que puede ayudar a reducir los costos de energía y disminuir el impacto ambiental.

Con los grandes avances en la tecnología, es probable que la instalación de paneles solares se vuelva cada vez más común en Colombia debido a la disminución de los costos de los materiales y de fabricación.

VIII. REFERENCIAS

- [1] M. Caballero, S. Lozano y B. Ortega, «Efecto Invernadero, Calentamiento Global Y Cambio Climático: Una Perspectiva Desde Las Ciencias De La Tierra,» *Revista Digital Universitaria*, p. 6, 2007.
- [2] Á. Merino, «EOM,» 18 01 2022. [En línea]. Available: <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/evolucion-temperatura-global/>. [Último acceso: 10 02 2023].
- [3] Worldwildlife, «<https://www.worldwildlife.org/>,» 03 04 2019. [En línea]. Available: <https://www.worldwildlife.org/descubre->

wwf/historias/por-que-se-estan-derritiendo-los-glaciares-y-el-hielo-marino. [Último acceso: 2023].

- [4] E. C. D. COLOMBIA, *LEY 1715 DE 2014*, 2014.
- [5] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, «MINENERGIA,» 27 01 2023. [En línea]. Available: <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/moderno-parque-solar-generar%C3%A1-autoabastecimiento-para-ecopetrol-en-huila/>.
- [6] ANLA, «ANLA,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.anla.gov.co/noticias-anla/colombia-hoy-cuenta-con-cuatro-nuevos-proyectos-de-energias-renovables>.
- [7] CELSIA, «CELSIA,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.celsia.com/es/noticias/empezo-a-generar-energia-celsia-solar-yumbo-primera-granja-fotovoltaica-de-colombia/>.
- [8] PORTAFOLIO, «PORTAFOLIO,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/gu-ajira-1-empieza-a-funcionar-este-nuevo-parque-eolico-560814>.
- [9] A. Urrego, «LA REPUBLICA,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.larepublica.co/economia/dos-nuevos-parques-solares-con-30-megavatios-operaran-en-sucre-a-partir-de-2023-3293950>.
- [10] INELDEC, «INELDEC,» [En línea]. Available: <https://ineldec.com/de-que-estan-hechos-los-paneles-solares-fotovoltaicos/>. [Último acceso: 15 02 2023].
- [11] SUN-SUPPLY, «SUN SUPPLY,» 2 7 2021. [En línea]. Available: <https://www.sunsupplyco.com/diferentes-tipos-de-sistemas-solares-fotovoltaicos/>. [Último acceso: 06 02 2023].

IX. BIOGRAFÍA



Omar Orlando Orjuela, Nacido en Ibagué, 12 de Julio de 1978. Ingeniero Civil graduado de la Universidad Santo Tomas de Aquino en la ciudad de Bogotá

D.C. Especialista en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles, Actualmente desempeña el cargo de Docente en el Instituto Universitario de la Paz en Barrancabermeja, Santander. Con

16 años de experiencia profesional como ingeniero civil en cargos de director de Obra, Residente de Interventoría. Residente de obra, cuenta con experiencia de 5 años como docente en programas de Obra Civil e Ingeniera de Producción.