



MAPA

Revista de Ciencias Sociales y Humanísticas

<http://revistamapa.org/index.php/es>

ISSN: 2602-8441

Fecha de presentación: enero, 2021 Fecha de aceptación: febrero, 2021 Fecha de publicación: abril, 2021

La energía fotovoltaica y sus particularidades en Cuba

The photovoltaic energy and their particularities in Cuba.

8

Ing. Luis Angel Iturralde Carrera¹

luisiturralde97@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5595-9329>

Dr.C. Nelson Arsenio Castro Perdomo²

ncastro@ucf.edu.cu

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6939-9473>

Eduardo Bambi Valuca³

valucaeduardo@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9653-7344>

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Iturralde Carrera, L. A., Castro Perdomo, N. A. y Bambi Valuca, E. (2021).

La energía fotovoltaica y sus particularidades en Cuba.

Revista Mapa, 8(23), 132- 150.

<http://revistamapa.org/index.php/es>

¹ Ingeniero. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. (CEEMA) Facultad de Ingeniería. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez. Cienfuegos. Cuba.

² Profesor Titular, Doctor en Ciencias Técnicas. Centro de Estudios para la Transformación Agraria Sostenible. de Energía y Medio Ambiente. (CETAS) Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Cienfuegos. Cuba.

³ Estudiante de Ingeniería Mecánica. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. (CEEMA) Facultad de Ingeniería. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez. Cienfuegos. Cuba.

RESUMEN

La investigación que se presenta tuvo como objetivo analizar mediante un estudio comparativo, las particularidades en el comportamiento de la eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos en Cuba respecto al mundo. Para dar respuesta a dicho objetivo, se empleó como método fundamental, el análisis documental, realizándose una valoración sobre la incidencia que, en la eficiencia de los paneles, tienen los principales materiales utilizados a nivel mundial, para la conformación de las celdas fotovoltaicas. Como principales resultados se logran: definir los principales elementos que influyen de forma negativa en la eficiencia de la generación de energía eléctrica por este método y una propuesta de mejoras en los paneles fabricados e instalados en Cuba, para aumentar su eficiencia.

Palabras Claves: celdas fotovoltaicas; eficiencia; generación de energía eléctrica; paneles solares fotovoltaicos

ABSTRACT

The investigation that is presented had as objective to analyze by means of a comparative study, the particularities in the behavior of the efficiency of the photovoltaic solar panels in Cuba regarding the world. To give answer to this objective, it was used as fundamental method, the documental analysis, being carried out a valuation about the incidence that, in the efficiency of the panels, they have the main materials used at world level, for the conformation of the photovoltaic cells. As main results they are achieved: to define the main elements that influence in a negative way in the efficiency of the electric power generation for this method; a proposal of improvements in the fabricated panels and installed in Cuba, to increase their efficiency.

Keywords: photovoltaic cells, efficiency, electric power generation, photovoltaic solar panels

INTRODUCCIÓN

Actualmente se buscan nuevas opciones de energías limpias, para mitigar el efecto invernadero y lograr sistemas de producción verdaderamente sostenible; entre éstas, la energía solar y otras fuentes renovables, así como otras, recomendadas particularmente, para lograr la captura local de carbono y la adaptabilidad al cambio climático (SANTOS, 2020, p. 15).

La energía solar es el recurso energético más abundante en la Tierra, la superficie del planeta, en una hora, recibe el equivalente al total de energía consumida por todos los humanos en un año. Ésta forma de energía puede ser aprovechada tanto para generar electricidad (energía eléctrica), como calor (energía térmica) (Fajardo, 2017, p. 3).

En los últimos años, en el mundo se ha realizado una revolución en el área del aprovechamiento de la energía solar, con el desarrollo de diferentes equipamientos, capaces de transformar la energía solar en energía eléctrica, de una forma mucho más eficientes que las ya existentes.

Al mismo tiempo, ha salido a la luz, la utilización de nuevos materiales que son mucho más eficientes a la hora de realizar el efecto fotoeléctrico, lo que trae consigo un mejor aprovechamiento de la energía solar recibida, aunque aún sea baja la eficiencia de los paneles solares de que se dispone; a pesar de ello, estos paneles son de gran rentabilidad.

En Cuba, a partir de la década de los 1990, con la instauración del llamado “periodo especial” como consecuencia del desplome de la Unión Soviética y el recrudecimiento del bloqueo impuesto por Estados Unidos, vienen realizándose grandes esfuerzos para solucionar el problema energético y entre los planes perspectivas, está incluida la intensificación de la energía solar (Ramírez, 2021, p. 7).

Con la situación coyuntural existente en el país, es necesario intensificar la innovación en esta área, principalmente a la hora de diseñar y montar los paneles que aquí se fabrican (STOLIK, 2016). Por la razón antes expuesta, es que se realiza la presente investigación, con el objetivo de “analizar mediante un estudio comparativo, las particularidades en el comportamiento de la eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos en Cuba respecto al mundo.

MATERIALES y MÉTODOS

Para dar cumplimiento al objetivo trazado, se utilizó como método fundamental, el análisis documental, se parte del carácter descriptivo que tiene esta investigación y el enfoque teórico desde la intercomparación que se establece para poder discernir aquellas recomendaciones y criterios valorativos sobre el uso más eficiente de la energía fotovoltaica en Cuba.

El estudio se presenta como una valoración general, sin abordar estudios de caso en particular, pues no es ese el propósito, sino que, la intensión está en el incremento de una cultura utilitaria de una expresión de energía que se presenta como una alternativa sostenible y futurista.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Paneles Solares Fotovoltaicos

Tienen la misión de captar la energía lumínica proveniente del sol para generar una corriente eléctrica. Las células solares producen un nivel de tensión y corriente muy pequeño, comparado con los requeridos por los aparatos eléctricos convencionales, además, son extremadamente frágiles, no son aisladas eléctricamente y no poseen soporte mecánico, para lo cual se hace necesario ensamblarlas en una estructura que las contengan que sea única, rígida y hermética, es a lo que se le conoce como el Panel Solar Fotovoltaico (Guillén Núñez, 2016, p. 17).

Las células que componen el panel deben ser iguales, esto se logra cuando ellas pertenecen al mismo bloque de silicio. Están conectadas eléctricamente entre sí, inicialmente en un circuito serie hasta lograr el valor de tensión deseado y luego, estas series se agrupan y se conectan en paralelo, de tal manera que se logre obtener el nivel de corriente esperado a la salida de las conexiones realizadas (Marrero Valdivia, 2017, p. 11).

Estructura de los paneles solares.

Es muy común la estructura de “sándwich” adoptada por la mayoría de los fabricantes de paneles FV (Abreu Reche, 2017, p. 5). En esta estructura las células quedan protegidas mecánicamente.

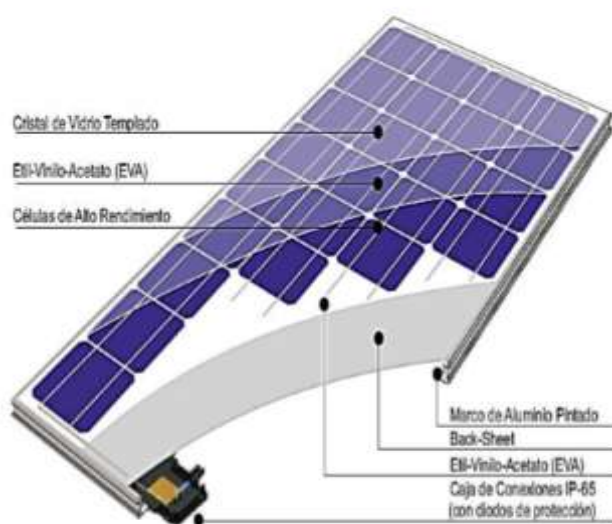
Los paneles se componen de los siguientes elementos:

- Cubierta frontal.
- Material encapsulante.
- Células o celdas solares con las conexiones eléctricas.

- Cubierta posterior.
- Marco.
- Metálico.

Figura 1

Panel Solar



Nota. La figura muestra un Panel Solar. Tomado de (esenergia, 2021).

Figura 2
Celda Solar


Nota. La figura muestra un Celda Solar. Tomado de (esenergia, 2021).

Eficiencia de los Paneles Solares Fotovoltaicos.

Como se expresó anteriormente, en la estructura de los paneles solares donde se produce el efecto fotoeléctrico en la mayoría, es en las celdas solares. Es decir, si se quiere lograr una mayor eficiencia en la generación de energía eléctrica, se deben buscar materiales en los cuales el efecto fotoeléctrico se realice con mayor efectividad (Fu, 2017). En la actualidad, la relación precio-material-eficiencia es muy mala, no se dispone de materiales sumamente eficientes, pero al producirse una energía renovable, siempre se producen ganancias, aunque sean pequeñas, principalmente, en el ámbito de la protección del medio ambiente. Por todo esto, Cuba se ha propuesto lograr sustituir gran parte de la generación de electricidad de fuentes no renovables,

por fuentes renovables de energía y entre ellas, la solar fotovoltaica ocupa una posición preponderante en la actualidad.

Por otra parte, además del intencionado trabajo hacia la explotación de la energía solar directamente, se trabaja en el fomento de una cultura encaminada hacia esa dirección, donde se instruye desde las edades tempranas en las bondades de la energía solar y hasta la repercusión en otras formas de producción de energía, como, por ejemplo, la explotación de la biomasa, aspecto que no forma parte del objetivo de la presente investigación, razón por la que no se profundiza en ello. El inversor consigue que el generador funcione en el punto de operación de mayor prestaciones porque lleva incorporado un algoritmo seguidor de máxima potencia (Ferrer Vallin, 2018, p. 4).

Eficiencia de los Paneles Solares Fotovoltaicos de silicio

Células de silicio amorfo

El silicio durante la transformación, produce un gas que se proyecta sobre una lámina de vidrio. La celda es gris y muy oscura.

Ventajas:

- Funciona con una luz difusa baja (incluso en días nublados).
- Un poco menos costosa que otras tecnologías.
- Integración sobre soporte flexible o rígido.

Inconvenientes:

- Rendimiento a pleno sol bajo, del 10% al 12%.
- Rendimiento decreciente con el tiempo.

Células de silicio monocristalino:

Al enfriarse, el silicio fundido se solidifica, se forma un único cristal de grandes dimensiones. Luego, se corta el cristal en delgadas capas que dan lugar a las células. Estas células generalmente son de un azul uniforme.

Ventajas:

- Buen rendimiento de 20% al 25%.
- Número de fabricantes elevado.

Inconvenientes:

- Coste elevado.

Células de silicio multicristalino:

Durante el enfriamiento de silicio en un molde se forman varios cristales. La fotocélula es de aspecto azulado, pero no es uniforme, se distinguen diferentes colores creados por los diferentes cristales.

Ventajas:

- Células cuadradas (con bordes redondeados en el caso de Si monocristalino) que permite un mejor funcionamiento en un módulo.
- Lingote más barato de producir que el monocristalino.

Inconveniente:

- Bajo rendimiento en condiciones de iluminación baja.
- Buen rendimiento de 20%.

Célula Tándem:

Apilamiento monolítico de dos células individuales. Mediante la combinación de dos células (capa delgada de silicio amorfo sobre silicio cristalino, por ejemplo) que absorben en el espectro al mismo tiempo se solapan, se mejora el rendimiento en comparación con las células individuales separadas, sean amorfas, cristalinas o microcristalinas.

Ventajas:

- Alta sensibilidad en un amplio rango de longitudes de onda. Excelente rendimiento.

Desventaja:

- El costo es alto debido a la superposición de dos células.

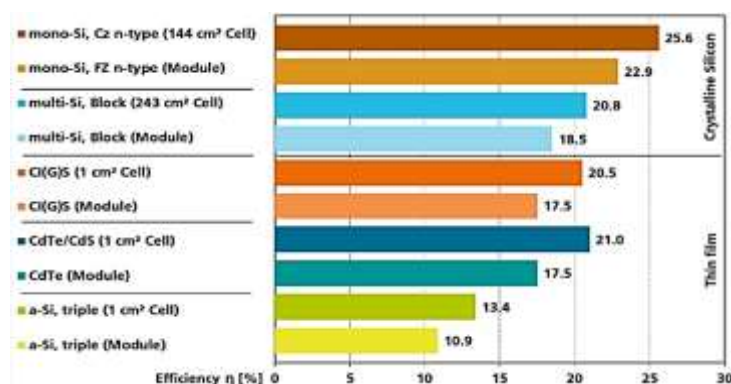
Célula multiunión:

Estas células tienen una alta eficiencia y han sido desarrolladas para aplicaciones espaciales. Las células multiunión están compuestas de varias capas delgadas se usa la epitaxia por haz molecular. La eficiencia solar-eléctrica alcanzada para las plantas con campo solar Fresnel está en el rango del 8 a 10% (TURCHI & al., 2019, p. 2).

Una célula de triple unión, por ejemplo, se compone de semiconductores GaAs, Ge y GaInP₂.

Figura 3

Gráfico de eficiencia de los paneles solares



Nota. La figura muestra la eficiencia de los paneles solares. Datos extraídos de la investigación, autoría propia 2021.

Tabla 1

Tamaño de la célula solar según el material que la conforma

Materia de la célula	Superficie requerida por 1 Kw	
Monocristalino	7-9 m ²	
Policristalino	8-11 m ²	
Diselenio de Indio-Cobre (CIS)	11-13 m ²	
Teluro de Cadmio (CdTe)	14-18 m ²	
Silicio Amorfo	16-20 m ²	

Nota. Esta tabla muestra cómo cambia el tamaño de la célula solar según el material que la conforma

Crecimiento por países.

China

La energía fotovoltaica se ha convertido en una de las mayores industrias de la República Popular China. El país asiático es líder mundial por capacidad fotovoltaica, con una potencia instalada a principios de 2016 superior a los 43 GW.

Alemania

Alemania dispone a principios de 2016 de una potencia instalada cercana a los 40 GW. Sólo en 2011, Alemania instaló cerca de 7,5 GW, y la fotovoltaica produjo 18 TW·h de electricidad, el 3% del total consumido en el país.

Japón

La venta de módulos fotovoltaicos para proyectos comerciales ha crecido rápidamente tras la introducción por parte del Gobierno japonés en julio de 2012 de una tarifa para el incentivo de la fotovoltaica tras el accidente nuclear de Fukushima y la paralización de la mayoría de las centrales nucleares que tiene el país. En 2014, potencia fotovoltaica instalada alcanzó en Japón el record histórico con 10 GW (CINGOSKI, 2016, p. 1).

Estados Unidos

Estados Unidos es desde 2010 uno de los países con mayor actividad en el mercado fotovoltaico, cuenta con grandes empresas del sector, como First Solar o SolarCity, así como numerosas plantas de conexión a red.

A principios de 2015, Estados Unidos superó los 20 GW de potencia fotovoltaica instalada, suficiente para proporcionar electricidad a más de 4 millones de hogares, tras instalar 8 GW sólo en 2014.

India

India está densamente poblada y tiene también una gran irradiación solar, lo que hace del país uno de los mejores candidatos para el desarrollo de la fotovoltaica. En enero de 2015, el gobierno indio incrementó de forma significativa los planes de desarrollo solar, se establece un objetivo de

inversiones por valor de 100.000 millones de dólares y 100 GW de capacidad solar para 2022. A comienzos de 2016, la potencia total instalada en India se situaba por encima de los 5 GW.

Otros mercados

Canadá

La planta solar fotovoltaica Sarnia, cercana a Ontario, era a finales de 2010 la más grande del mundo, con una capacidad instalada de 80 MW.

Grecia

A finales de septiembre de 2013, la capacidad fotovoltaica total instalada en Grecia había alcanzado 2523 MW.

Los Paneles solares en Cuba

En Cuba se desea para el 2030 que más del 30% de la generación de energía eléctrica provenga de fuentes renovables de energía. Donde se quiere que la energía fotovoltaica posea más del 3% de la producción del país. Con el llamado a acelerar este programa, principalmente en el sector de la energía solar fotovoltaica, se avanza muy rápido porque especialistas, ingenieros y técnicos de la UNE, han alcanzado una alta preparación y ya diseñan, construyen e instalan y operan, con facilidad, los sistemas fotovoltaicos. Es una parte del programa a la cual hoy se dedican los mayores esfuerzos para continuar incrementando la preparación de proyectos (MINEM) (esenergía, 2021).

Según lo publicado en (Ministerio de Energía y Minas; Ministerio Comercio Interior; Banco Central de Cuba., 2019), sobre el desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía, el país posee una fábrica de paneles solares, que es, la empresa de componentes electrónicos “Ernesto Che Guevara” de Pinar del Río, la que produce módulos fotovoltaicos, con una capacidad de 15MW al año; estos paneles también se empezarán a fabricar para viviendas particulares.

En dicha publicación se plantea además que: se cuenta con un plan gubernamental para la instalar 700 MW en módulos fotovoltaicos para 2030. Hasta el mes de febrero del 2016, la isla tenía en explotación 22 parques fotovoltaicos que contabilizan una generación total de 37MW, ya en el 2017 fueron instalados otros 30 parques, con una potencia de 59MW, equivalente a la mitad de una planta eléctrica de generación convencional.

En Cuba se recibe una energía radiante del sol de alrededor de 2000 KW/h en un año, es decir, entre 5 y 6 KW/h cada día.

En cada metro cuadrado del territorio cubano, se recibe diariamente una cantidad de energía solar equivalente a 0,5 Kg de petróleo.

En los días muy claros y libres de nubes, aproximadamente 30% de la radiación terrestre se pierde por reflexión hacia el espacio y por dispersión y absorción en las capas de la atmósfera. El ozono absorbe el ultravioleta y el CO₂ y el vapor de agua.

Características de la radiación solar en Cuba.

Uno de los aspectos importantes para determinar la conveniencia del uso de los equipos solares, es el conocimiento de las características de la radiación solar en el lugar, tanto la variación diaria, como la horaria. La intensidad de la radiación solar en Cuba tiene un valor considerable entre 900 y 1 000 W por metro cuadrado (W/m²), cuando incide perpendicularmente sobre una superficie, lo que significa, como valor promedio anual, un promedio aproximado de 400 W/m² sobre la superficie de la tierra y más de 5 KW/h al día, por metro cuadrado (oncubanews, 2021).

La variación de un lugar a otro del país no es significativa, debido a la posición geográfica, alargada de este a oeste y entre los 20° y 23° de latitud norte. Tampoco es tan significativa la variación entre el verano y el invierno, como en otros países, por lo que en Cuba se puede utilizar la radiación solar en cualquier lugar y en cualquier época del año.

A diferencia de los países continentales secos, la nubosidad en Cuba es muy alta, debido principalmente a los mares que la rodean. La radiación difusa tiene un valor promedio mayor de 40 %. Esta puede ser una desventaja, tanto por el apantallamiento que hacen estos aerosoles marinos cargados de salitre, como por la corrosión que potencialmente pueden producir en las estructuras soportes, se obliga a tomar en consideración ambos elementos.

La cantidad promedio de días nublados por mes, es mayor que 10, aunque es difícil encontrar un día que no salga el Sol, aunque sea por un momento y la radiación anual es de 1825kWh/m² y el potencial de área fotovoltaica es de 110000km². Todo lo anterior presenta determinadas ventajas.

Ventajas a considerar:

- No se generan contaminantes atmosféricos en el punto de utilización, ni se producen efectos como la lluvia ácida, efecto invernadero por CO₂, etc, al no producirse ningún tipo de combustión.
- El Silicio, elemento base para la fabricación de las células fotovoltaicas, es muy abundante, no es necesario explotar yacimientos de forma intensiva, yacimientos existentes.
- Al ser una energía fundamentalmente de ámbito local, evita pistas, cables, postes, no se requieren grandes tendidos eléctricos, y el impacto visual es reducido. Tampoco tiene unos requerimientos de suelo necesario excesivamente grandes (1kWp puede ocupar entre 10 y 15 m²), pudiéndose aprovechar las propias cubiertas de las edificaciones ya existentes.
- Prácticamente se produce la energía con ausencia total de ruidos.
- No precisa ningún suministro exterior (combustible) ni presencia relevante de otros tipos de recursos (agua, viento).

Paneles fabricados en Cuba.

Según (oncubanews, 2021) los paneles fabricados en Cuba, son de silicio policristalinos con módulos fotovoltaicos de 60 o 72 celdas solares y son de alta calidad, la mayor parte del proceso es realizada a mano, todo el equipo de trabajo es de alta tecnología, en convenio con empresas extranjeras. Los trabajadores que intervienen en la producción, son muy competentes y todos han pasado cursos de capacitación, incluidos en el extranjero, con especialistas de firmas líderes a nivel mundial, en estas tecnologías.

Tabla 2*Ficha técnica de los paneles DSM-250*

Paneles DSM-250	Cantidades
Potencia máxima	250 Wp
Corriente de corto circuito	8.55 A
Voltaje a circuito abierto	37.7 V
Corriente de máxima potencia	8.19 A
Voltaje de máxima potencia	30.5 V
Eficiencia	17.9 %-19.0%

Nota. Esta tabla muestra las características técnicas de los paneles DSM-250

Comparación de la obtención de la energía solar en Cuba con el mundo.**Factor eficiencia, durabilidad y precio**

Tabla 3*Comparación de los paneles cubanos con los similares construidos en otros países*

Cuba	Otros países
Eficiencia de los paneles de silicio policristalino	
17,9-19%	18-20%
Precio de fabricación	
200-300cuc	100-150cuc
Tiempo de duración	
20-25años	23-29años

Nota. Esta tabla muestra el comportamiento de indicadores entre paneles cubanos con los similares construidos en otros países

Como se puede ver existe un poco atrasados tanto en calidad de fabricación, como en los precios de la misma. La durabilidad se encuentra afectada por el duro clima existente en el país.

Factores de eficiencia.

1. Temperatura de los módulos fotovoltaicos (Las temperaturas en Cuba son mayormente altas, todo el año, lo que disminuye la eficiencia de los módulos).
2. La radiación solar en Cuba es difusa, debido a la alta humedad relativa existente en el país.
3. Posicionamiento (La mayoría de los hoteles en Cuba se encuentran cerca de las playas lo que influye grandemente en la eficiencia de los paneles instalados en los mismos).
4. Suciedad en los módulos fotovoltaicos (Las grandes instalaciones de Cuba se encuentran en zonas rurales donde el polvo, tierra, polen y otros factores de suciedad son altos lo que disminuye la eficiencia de los paneles).
5. Rendimiento del inversor (Los inversores utilizados en Cuba no son los de mayor rendimiento lo que afecta la eficiencia de la instalación).

Análisis económico

El costo de fabricación de una Instalación cualquiera, es la expresión monetaria de los gastos de ejecución de la misma, es decir, los gastos en que la empresa incurre durante la fabricación. La determinación y evaluación de este costo facilita las posibles soluciones a un diseño determinado, se permite la selección de aquel diseño que brinde mayor beneficio productivo y con el mínimo de gastos, por ello, dentro de la mentalidad de un diseñador, debe estar el costo como un elemento de vital importancia (Guillén Núñez, 2016) (J.R, 2017).

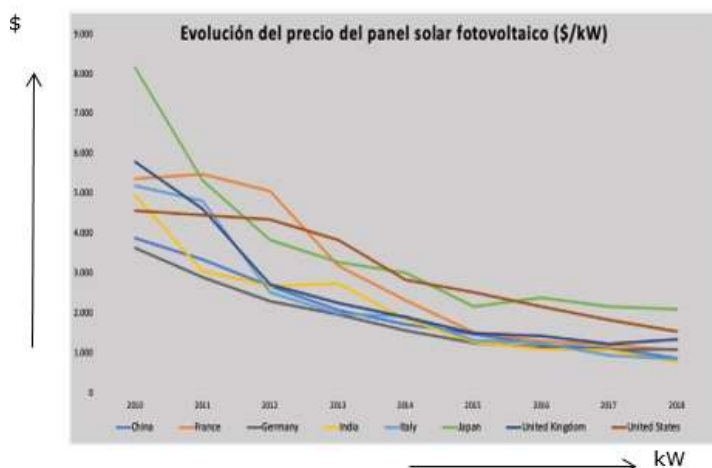
Por medio del costo se expresa la eficiencia en el trabajo, además de ser un indicador generalizador de la calidad, que sirve como índice principal para medir el buen funcionamiento de una empresa, respecto a la utilización de los recursos disponibles, al comparar la producción obtenida y la magnitud de los gastos incurridos en la misma. Además, incluye modelos para el análisis económico y con ello determinar la rentabilidad de los sistemas analizados (EZEANYA, 2018).

Análisis de costo.

- El precio actual de los módulos fotovoltaicos, oscila entre los 0.8 y los 5.0 \$/W (USD), de capacidad de producción, en función de la cantidad que se compre y la procedencia.
- El precio completo de una instalación fija: módulos, estructuras de soporte, onduladores, protecciones, sistemas de medición, costos del proyecto, instalación y permisos administrativos está en el orden de 8.6 y 9.0 \$/W.
- Si la instalación es con seguidores de Sol de dos ejes, el costo puede rondar los 10.60 \$/W, aunque la producción eléctrica obtenida es del orden de un 30% superior que en una fija.

Figura 4

Precio del panel solar fotovoltaico



Nota. La figura muestra la evolución del precio del panel solar fotovoltaico. Datos extraídos de la investigación, autoría propia 2021.

CONCLUSIONES

En Cuba, la intensidad de la irradiación solar tiene un valor considerable entre 800 y 900W/m² cuando incide perpendicularmente sobre una superficie y más de 5kWh/m² como valor promedio anual (SANTOS, 2020). La variación de un lugar a otro del país no es significativa, debido a la posición geográfica alargada de este a oeste y entre los 19.8° y 23.2° de latitud norte; como tampoco es tan significativa la variación entre el verano y el invierno como en otros países, por lo que se puede utilizar la irradiación solar en cualquier lugar y época del año.

A diferencia de los países continentales secos, la nubosidad en Cuba es muy alta, debido principalmente a los ariosoles marinos que se producen por los mares que la rodean. La irradiación difusa tiene un valor promedio mayor de 40% y la cantidad promedio de días nublados por mes, es mayor que 10, aunque es difícil encontrar un día en que no salga el Sol.

Los paneles fabricados en Cuba son paneles de silicio policristalinos, con módulos fotovoltaicos de 60 o 72 celdas solares, presentan eficiencia alrededor de 17,9 - 19% y sus costos de fabricación son elevados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CINGOSKI, V. y. (2016). "Integrated solar thermal power plants: tpp bitola a case study". *Journal of Electrical*.
- Esenergia. (2021). *esenergia.es*. Obtenido de *esenergia.es*:
<http://www.esenergia.es>
- EZEANYA, E. K. (2018). "System advisor model (SAM) simulation modelling of a concentrating solar thermal power. *Cogent Engineering*.
- Fajardo, A. J. (2017). *Diseño e implementación de un prototipo de inversor trifásico DC-AC acoplado a un panel fotovoltaico, utilizando el algoritmo de seguimiento del punto de máxima potencia mediante un microcontrolador*.
- Ferrer Vallin, M. S. (2018). *Análisis del factor de carga de un sistema eléctrico aislado con fuentes renovables de energía*. Ing. Energética.
- Fu, R. F. (2017). *US solar photovoltaic system cost benchmark: Q1 2017. National Renewable Energy Laboratory (NREL)*. Golden, CO (United States).
- Guillén Núñez, I. (2016). *Estudio de sistemas de conexión a red de parques fotovoltaicos*.
- J.R, A. G. (2017). *Seguimiento del Punto de Máxima Potencia en Sistemas Fotovoltaicos utilizando Control Deslizante y Adaptativo*.
- Marrero Valdivia, A. (2017). *Control de paneles solares fotovoltaicos. Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Universidad Central" Marta Abreu"*.

Ministerio de Energía y Minas; Ministerio Comercio Interior; Banco Central de Cuba. (2019). *Decreto Ley No.345*. La Habana, Cuba: Gaceta Oficial No.95.

oncubanews. (2021). *oncubanews.com*. Obtenido de *oncubanews.com*:
<http://oncubanews.com>

Ramírez, C. A. (2021). Evaluación técnico-económica preliminar de la producción de electricidad. *Ingeniería Energética*.

SANTOS, R. D. (2020). "Análisis de la influencia del ángulo de inclinación en la generación de una central. *Revista de Ingeniería Energética*.

STOLIK, D. (2016). *"La energía FV: oportunidad y necesidad para Cuba"*. Economía y desarrollo.

TURCHI, C. S., & al., e. (2019). *National Renewable Energy Laboratory*.
<https://www.osti.gov/biblio/1513197>.

Abreu-Reche, L., García-Hernández, C.A., 2017. *Auto caravan based on renewable energies*.