



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v10i1.3702>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

*Análisis comparativo en aplicaciones de carga de batería utilizando motores
stirling versus celdas solares*

*Comparative analysis in battery charging applications using stirling motors versus
solar cells*

*Análise comparativa em aplicações de carregamento de baterias usando motores
Stirling versus células solares*

Christian Alexander Juep Chicaiza ^I
christian.juep5249@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-0480-8492>

Freddy Rodrigo Romero Bedón ^{II}
freddy.romero@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0006-1195-1487>

Correspondencia: christian.juep5249@utc.edu.ec

***Recibido:** 30 de noviembre de 2023 ***Aceptado:** 24 de diciembre de 2023 * **Publicado:** 15 de enero de 2024

- I. Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná, Ecuador.

Resumen

En este estudio se lleva a cabo un análisis comparativo entre motores Stirling solares y celdas solares fotovoltaicas, centrándose en la eficiencia de la carga de baterías. Se evaluaron ambos sistemas para cargar una batería estándar de 80 Ah/12V bajo diversas condiciones de irradiación solar. A pesar de que ambos sistemas presentan ventajas, el estudio reveló que las celdas solares fotovoltaicas superan a los motores Stirling en términos de eficiencia energética y tiempo de carga. Este hallazgo se basa en el cálculo de la energía generada diaria y mensualmente, así como el tiempo necesario para una carga completa de las baterías. Además, se consideraron los costos y la confiabilidad, encontrando que las celdas fotovoltaicas no solo son más eficientes, sino también más rentables y confiables a largo plazo. La superioridad de las celdas solares fotovoltaicas en este contexto específico proporciona una guía esencial para aquellos que buscan optimizar sus sistemas de energía renovable, teniendo en cuenta factores como la ubicación geográfica y las necesidades energéticas individuales. Este estudio subraya la importancia de seleccionar la tecnología adecuada para maximizar la eficiencia y la sostenibilidad en el campo de la energía solar.

Palabras Claves: Ulceras Motores Stirling Solares; Celdas Solares Fotovoltaicas; Carga de Baterías; Eficiencia Energética; Renovable.

Abstract

In this study, a comparative analysis is carried out between solar Stirling engines and photovoltaic solar cells, focusing on battery charging efficiency. Both systems were evaluated to charge a standard 80 Ah/12V battery under various solar irradiation conditions. Although both systems have advantages, the study revealed that photovoltaic solar cells surpass Stirling engines in terms of energy efficiency and charging time. This finding is based on the calculation of the energy generated daily and monthly, as well as the time required for a full charge of the batteries. Additionally, costs and reliability were considered, finding that photovoltaic cells are not only more efficient, but also more cost-effective and reliable in the long term. The superiority of photovoltaic solar cells in this specific context provides essential guidance for those seeking to optimize their renewable energy systems, taking into account factors such as geographic location and individual energy needs. This study highlights the importance of selecting the right technology to maximize efficiency and sustainability in the field of solar energy.

Keywords: Solar Stirling Engines; Photovoltaic Solar Cells; Battery Charging; Energy efficiency; Renewable.

Resumo

Neste estudo é realizada uma análise comparativa entre motores solares Stirling e células solares fotovoltaicas, com foco na eficiência de carregamento de baterias. Ambos os sistemas foram avaliados para carregar uma bateria padrão de 80 Ah/12V sob diversas condições de irradiação solar. Embora ambos os sistemas apresentem vantagens, o estudo revelou que as células solares fotovoltaicas superam os motores Stirling em termos de eficiência energética e tempo de carregamento. Esta constatação baseia-se no cálculo da energia gerada diária e mensalmente, bem como do tempo necessário para uma carga completa das baterias. Além disso, foram considerados custos e confiabilidade, concluindo que as células fotovoltaicas não são apenas mais eficientes, mas também mais econômicas e confiáveis no longo prazo. A superioridade das células solares fotovoltaicas neste contexto específico fornece uma orientação essencial para quem procura otimizar os seus sistemas de energias renováveis, tendo em conta fatores como a localização geográfica e as necessidades energéticas individuais. Este estudo destaca a importância de selecionar a tecnologia certa para maximizar a eficiência e a sustentabilidade no campo da energia solar.

Palavras-chave: Motores Stirling Solares; Células Solares Fotovoltaicas; Carregamento de Bateria; Eficiência energética; Renovável.

Introducción

Las energías renovables son cada vez más importantes en el panorama energético mundial. Dos tecnologías solares que tienen el potencial de contribuir de manera significativa son los motores Stirling solares y las celdas solares fotovoltaicas. Ambas permiten convertir la energía solar en electricidad utilizable, pero funcionan de manera diferente[1].

Los motores Stirling solares concentran la luz solar en un motor de pistón que genera electricidad al expandir y contraer un gas trabajador. Las celdas solares fotovoltaicas convierten directamente la luz solar en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico. Cada tecnología tiene ventajas y desventajas en términos de eficiencia, costos y aplicaciones[2].

Una aplicación clave para la energía solar es la carga de baterías, que permite almacenar electricidad para uso posterior. Tanto los motores Stirling como las celdas fotovoltaicas pueden utilizarse para

Análisis comparativo en aplicaciones de carga de batería utilizando motores stirling versus celdas solares

cargar baterías, pero su idoneidad relativa depende de factores como la escala del sistema y el patrón de uso de la energía[2]

En este trabajo se presenta un análisis comparativo del uso de motores Stirling solares y celdas solares fotovoltaicas para la carga de baterías. Se evalúan aspectos como la eficiencia energética, la complejidad del sistema, los costos de instalación y mantenimiento, la escalabilidad y la confiabilidad. El objetivo es determinar las fortalezas y debilidades relativas de cada tecnología para esta aplicación, y las situaciones en las que una u otra opción puede ser preferible. Los resultados de este análisis comparativo pueden ayudar a guiar el diseño e implementación de sistemas solares de carga de baterías más efectivos [3].

Trabajos relacionados

Dentro del análisis realizado en el trabajo [4] logra enfatizar de manera comprensible el funcionamiento y uso de un motor Stirling mediante un proceso muy sencillo básico de la termodinámica para la captación de radiación solar y siendo capaz de generar energía eléctrica para su posterior consumo y uso dentro del proceso de carga de baterías móviles, se conoce también la existencia de tres diferentes tipos de motor Stirling tipo beta, alfa y gamma si fuese necesario información exacta remítase a la referencia[4].

El uso de motores Stirling para los procesos de carga de baterías para su posterior consumo son propuestas realizadas por autores del trabajo [5], [6] en los cuales se da a conocer la facilidad que presenta este dispositivo para la generación de energía eléctrica en lugares poco accesibles, también se analiza la implementación de un disco reflector de cromo para alivianar las elevaciones de temperatura dentro y fuera de la estructura las cuales podrían generar el deterioro de componentes internos y la pérdida de energía. Como problemática que presentan estos dispositivos al momento de captar la radiación solar, son la apertura del disco reflector, la posición que tiene la estructura referente al sol ya que al no contar con un sistema de seguimiento según la posición del sol esto hace muy difícil la recolección de mayor cantidad de radiación la cual obliga a cambiar periódicamente su posición para su correcto funcionamiento esto lleva a una posible implementación de un seguidor de luz controlado por dispositivos externos los cuales se remite dentro del caso [6].

Como se menciona dentro de la introducción para este trabajo se tomó la base de comparación de los motores Stirling y las celdas solares, las cuales son los dispositivos más utilizados actualmente para la generación de energía eléctrica ya que son dispositivos más sencillos y se tiene una información

Análisis comparativo en aplicaciones de carga de batería utilizando motores stirling versus celdas solares

amplia de su uso y funcionamiento dentro de diferentes ámbitos el estudio que se analiza es de [7] otro estudio parte de la necesidad de generación de energía en lugares pocos accesibles y esto lo logra con paneles fotovoltaicos los cuales son, también se detalla un breve análisis en el cual detalla la necesidad de contar con fuentes alternativas de generación ya que el éxito de la implementación de estos dispositivos depende de la ubicación geográfica[8].

Finalmente para conocer más sobre estos dos dispositivos y la forma empleada para la generación de energía eléctrica se remite a [9],[10] donde se implementa un dispositivo híbrido entre un motor Stirling, celdas solares y un generador térmico los cuales funcionan en equipo para producir una eficiencia energética de 43.6%, la energía eléctrica disponible producida se consume para producir combustible con proceso derivados a este, la energía restante se almacena mediante sistemas de almacenamiento, en lo cual se nota un déficit de pérdida de energía de uno de los tres dispositivos acoplados, lo cual genera una interrogante como la de cuál es el dispositivo menos eficiente, proceso que altera la generación, ubicación de cada uno de los dispositivos y cual es e rendimiento de cada uno de los equipos presentes[11]

En este trabajo se extiende el análisis de dos de los dispositivos ya mencionados como son los motores Stirling y las celdas solares las cuales claramente son una fuente de generación de energía eléctrica amigable con el medio ambiente, los cuales lejos de generar energía eléctrica presentan varias dificultades al momento de su funcionamiento o simplemente no cumplen con todos los estándares requeridos para su máxima eficiencia al momento de entregar estabilidad energética.

Metodología

La elección de los motores Stirling solares y celdas solares fotovoltaicas para este estudio se basa en su relevancia y aplicabilidad directa en el ámbito de las energías renovables, específicamente en aplicaciones de carga de baterías. Estas tecnologías representan dos enfoques distintos pero complementarios en la conversión de energía solar, lo que permite una comparación significativa y práctica. Al centrarse en tecnologías con capacidades comparables, el estudio asegura una evaluación equitativa, evitando las comparaciones sesgadas que podrían resultar al examinar tecnologías con diferencias marcadas en especificaciones y rendimiento.

La metodología se enfoca en aspectos críticos como la eficiencia energética y el tiempo de carga, fundamentales para evaluar la viabilidad de las tecnologías de energía renovable en contextos reales. Al utilizar equipos y métodos accesibles y estándar en el campo, se facilita la reproducibilidad y

Análisis comparativo en aplicaciones de carga de batería utilizando motores stirling versus celdas solares

escalabilidad del estudio, permitiendo comparaciones útiles con investigaciones futuras. Este enfoque garantiza que los hallazgos sean prácticos y relevantes para la comunidad científica y técnica, proporcionando una base sólida para decisiones informadas en la selección de tecnología para la carga de baterías.

El presente estudio desarrolla un análisis comparativo del uso de motores Stirling solar y celdas fotovoltaicas para cargar una batería de 80 Ah/12V. Los cálculos y diseño de los sistemas de generación se realizaron aplicando ecuaciones encontradas dentro de la investigación bibliográfica.

Los materiales utilizados se detallan a continuación en la tabla 1

Materiales

Tabla 1. Especificaciones de los Materiales

Parámetro	Motor Stirling	Panel Fotovoltaico
Potencia	15W	15W
Voltaje de Salida	12 Vcc	12 Vcc
Corriente de Salida	0.61 A	0.56A
Eficiencia	30%	19.82%
Tecnología	Concentrador + Motor Stirling	Silicio policristalino
Área de captura	Concentrador 0. 002 m ²	0.1173 m ²
Horas de luz solar	5 h	5 h
Factor de concentración	25 soles	-----
Batería		
Voltaje		12 V
Capacidad		80 Ah

Procedimiento

Se seleccionaron un motor Stirling solar y un panel fotovoltaico con especificaciones similares de voltaje (12V) y potencia (15W y 15W). Se eligió como carga una batería estacionaria de plomo-ácido de 80Ah/12V ampliamente utilizada en diversas aplicaciones.

Se analizó pruebas por separado para cada tecnología bajo distintos niveles de irradiancia según los datos mensuales de DNI obtenidos del mapa solar de la zona. Se asumieron condiciones óptimas de

Análisis comparativo en aplicaciones de carga de batería utilizando motores stirling versus celdas solares

operación en San Andrés de Píllaro y libres de sombras. Se utilizaron datos de irradiancia solar directa normal (DNI) tomados de un Atlas Solar del Ecuador [12].

Los cuales se pueden apreciar a continuación en las tablas 1 y en la Figura 1.

Tabla 2. Irradiación Solar Directa Normal (DNI) kWh/m²/día

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.40	2.20	1.80	2.60	1.80	2.00	2.40	3.30	3.40	3.40	2.60	2.40

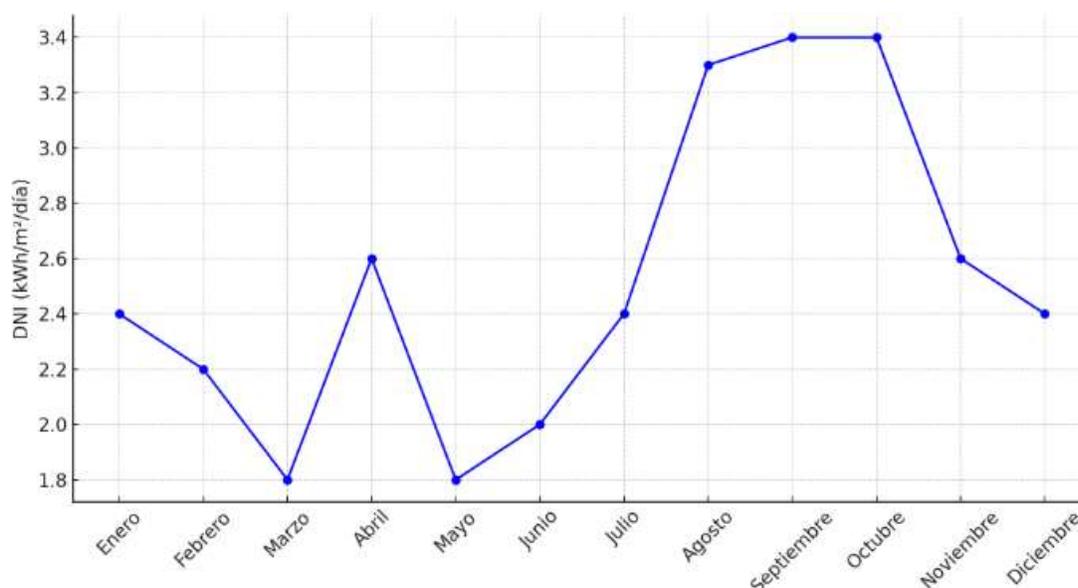


Figura 1. Irradiancia Solar Directa Normal de la zona

Se compararon los datos obtenidos entre ambas tecnologías para cada nivel de irradiancia ensayado, para determinar el tiempo en el que se demora la carga de baterías, utilizando las siguientes ecuaciones.

Motor Stirling Solar

La ecuación 1 se utiliza para determinar la energía que produce el motor Stirling solar durante un día.

$$E_{Stirling,diaria} = DNI * A_{concentrador} * fc * \eta_{Stirling} \tag{1}$$

A continuación, la ecuación 2 muestra la energía producida por el motor Stirling solar mensual.

$$E_{Stirling,mensual} = E_{Stirling,diaria} * dias\ del\ mes \quad (2)$$

Por medio de la utilización de la ecuación 3 se puede determinar la cantidad de Potencia diaria que produce el motor Stirling.

$$P_{Stirling,diaria} = \frac{E_{Stirling,diaria}}{HSP} \quad (3)$$

Donde:

$P_{Stirling,diaria}$ = potencia generada por el motor Stirling diario

$E_{Stirling,diaria}$, energía diaria producida por el motor Stirling en un día

DNI , Irradiancia Solar Directa Normal de cada mes del año

$A_{concentrador}$, área del concentrador en m^2

fc , factor de concentración

$\eta_{stirling}$, eficiencia del motor Stirling

HSP , horas de luz solar pico

$dias\ del\ mes$, número de días que tiene cada mes del año

Panel Solar

Para determinar la cantidad de energía diaria que producirá un panel solar fotovoltaico, se utilizará la ecuación 4, mostrada a continuación-

$$E_{panel,diaria} = DNI * A_{panel} * \eta_{panel} \quad (4)$$

Y para determinar la producción de energía mensual que produce el panel se utilizará la siguiente ecuación 5

Análisis comparativo en aplicaciones de carga de batería utilizando motores stirling versus celdas solares

$$E_{panel,diaria} = E_{panel,diaria} * \text{días del mes} \quad (5)$$

Ahora, se utilizará la ecuación 6 para determinar la cantidad de energía que produce el panel solar fotovoltaico

$$P_{panel,diaria} = \frac{E_{panel,diaria}}{HSP} \quad (6)$$

Donde:

$P_{panel,diaria}$, potencia generada por el panel solar fotovoltaico

$E_{panel,diaria}$, energía diaria producida por el panel solar en un día

DNI , Irradiancia Solar Directa Normal de cada mes del año

A_{panel} , área de captura del panel solar en m^2

η_{panel} , eficiencia del panel solar fotovoltaico

HSP , horas de luz solar

$días del mes$, número de días que tiene cada mes del año

Batería

Ahora para determinar el tiempo que se demora cada tecnología en cargar una batería de 80 Ah a 12 V, se utilizará la ecuación 7

$$I_{carga} = \frac{P_{tecnología}}{V_{Batería}} \quad (7)$$

Y finalmente se utilizará la ecuación 8 para determinar el tiempo que se demora en cargar una batería de 80 Ah a 12 V.

$$T_{carga} = \frac{C_{Batería}}{I_{carga}} * PD_{max} \quad (8)$$

Análisis comparativo en aplicaciones de carga de batería utilizando motores stirling versus celdas solares

Donde, I_{carga} , es la corriente con que se va a cargar la batería en A

$P_{tecnología}$, es la potencia que genera el motor Stirling o el panel solar fotovoltaico en W

$V_{Batería}$, es el voltaje de la batería en

T_{carga} , es el tiempo que se va a demorar en cargar la batería en h

C_{carga} , es la capacidad que tiene la batería en Ah

PD_{max} , profundidad de descarga 60%

Resultados

Motor Stirling

Para el análisis del motor Stirling se realizaron los cálculos y se obtuvo los siguientes resultados:

Como se puede apreciar en la tabla 3 se obtuvo los valores de Energía diaria por cada mes.

Tabla 3. Energía diaria en Wh en cada mes de año

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
35.34	32.40	26.51	38.29	26.51	29.45	35.34	48.60	50.07	50.07	38.29	35.34

También se hizo el análisis de la energía mensual que produce un motor Stirling solar, como se aprecia en la tabla 4.

Tabla 4. Energía mensual en Wh

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1095	907	821	1148	821	883	1095	1506	1502	1552	1148	1095

Y finalmente se procedió a realizar el análisis para determinar la potencia diaria por cada mes que produce el motor Stirling Solar, como se aprecia en la tabla 5.

Tabla 5. Potencia diaria en W en cada mes de año

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Análisis comparativo en aplicaciones de carga de batería utilizando motores stirling versus celdas solares

7.07	6.48	5.30	7.66	5.30	5.89	7.07	9.72	10.01	10.01	7.66	7.07
------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	------	------

En la figura 2 se aprecia los valores de potencia diaria que genera el Motor Stirling Solar durante los diferentes meses del año.



Figura 2. Potencia diaria en W en cada mes del año.

En cambio luego de realizar el análisis acerca del panel solar fotovoltaico y realizar los cálculos se obtuvo los siguientes resultados:

Panel Solar Fotovoltaico

Para el panel Solar fotovoltaico, se obtuvieron en primera instancia el valor de la energía diaria por cada mes como se aprecia en la tabla 6

Tabla 6. Energía diaria en Wh en cada mes de año

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
51.57	47.27	38.68	55.87	38.68	42.98	51.57	70.91	73.06	73.06	55.87	51.57

También se hizo el análisis de la energía mensual que produce el panel solar fotovoltaico, como se aprecia en la tabla 7

Tabla 7. Energía mensual en Wh

Análisis comparativo en aplicaciones de carga de batería utilizando motores stirling versus celdas solares

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1598	1323	1199	1676	1199	1289	1598	2198	2191	2264	1676	1598

Y finalmente se procedió a realizar el análisis para determinar la potencia diaria por cada mes que genera el panel solar fotovoltaico, como se aprecia en la tabla 8.

Tabla 8. Potencia diaria fotovoltaica en W en cada mes de año

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
10.31	9.46	7.74	11.17	7.74	8.60	10.31	14.18	14.61	14.61	11.17	10.31

Estos valores de potencia se pueden apreciar en la figura 3

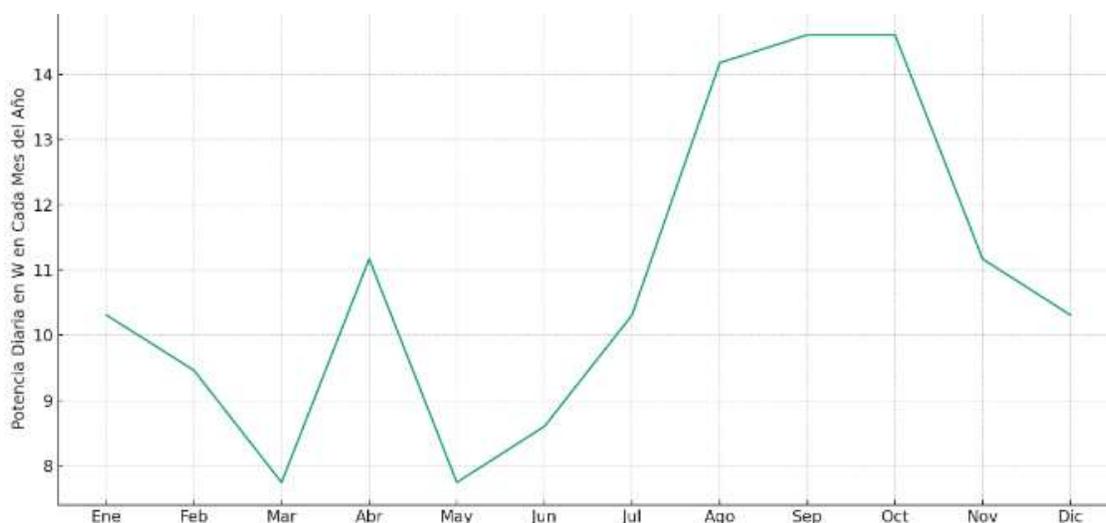


Figura 2. Potencia diaria fotovoltaica en W en cada mes del año.

Baterías

Con los valores obtenidos de estas dos tecnologías se procedió a realizar el cálculo, para determinar el tiempo que conlleva cada tecnología en cargar una batería de 80 Ah a 12 V, y se obtuvieron los siguientes resultados, que se aprecian en la tabla 9, que muestra el tiempo que se demorará en cargar una batería tomando en consideración la potencia que se produce en un día del mes bajo las condiciones de Irradiancia Solar Directa. Normal DNI.

Tabla 9. Tiempo de carga en h de las dos tecnologías de una batería de 80 Ah

Análisis comparativo en aplicaciones de carga de batería utilizando motores stirling versus celdas solares

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Motor Solar Stirling											
81.5	88.9	108.	75.2	108.	97.8	81.5	59.3	57.5	57.5	75.2	81.5
		6		7							
Panel Solar Fotovoltaico											
55.5	60.9	74.5	51.6	74.5	67.0	67.0	55.8	40.6	39.4	51.5	55.8

Discusión

Los resultados de este estudio revelan una ventaja significativa de las celdas solares fotovoltaicas sobre los motores Stirling solares en dos aspectos: la velocidad de carga de las baterías y la eficiencia en la captación de energía a lo largo del año. Las celdas fotovoltaicas no solo cargan las baterías más rápidamente, sino que también mantienen una captación de energía superior en diversos momentos y condiciones a lo largo de los meses, lo que subraya su mayor versatilidad y eficiencia en una variedad de escenarios climáticos y geográficos.

Esta superioridad en la carga rápida de baterías y en la captación de energía constante refleja la idoneidad de las celdas solares fotovoltaicas para aplicaciones que requieren una fuente de energía confiable y eficiente en diferentes condiciones ambientales[13], [14]. Esta consistencia en el rendimiento las hace particularmente adecuadas para áreas con variabilidad climática y para aplicaciones donde la confiabilidad y rapidez en la generación de energía son esenciales.

Por otro lado, aunque los motores Stirling solares muestran una eficiencia energética notable en condiciones óptimas, su rendimiento más lento en la carga de baterías[15], [16] y la captación de energía menos consistente a lo largo del año limitan su aplicabilidad en comparación con las celdas fotovoltaicas. Estas limitaciones son particularmente importantes en aplicaciones que requieren una respuesta rápida y una generación de energía fiable independientemente de las variaciones estacionales o diarias en la irradiancia solar.

Este estudio, por lo tanto, no solo resalta la importancia de la eficiencia y la velocidad en la selección de tecnologías de energía renovable, sino que también pone de relieve la necesidad de considerar la regularidad y fiabilidad de la generación de energía, en la elección del dispositivo. Los análisis hechos en este estudio sugieren que, aunque los motores Stirling pueden tener aplicaciones específicas donde

sean preferibles, las celdas solares fotovoltaicas ofrecen una solución más robusta y adaptable para una gama más amplia de necesidades energéticas[17], [18]

Conclusiones

El presente estudio ha demostrado que las celdas solares fotovoltaicas superan a los motores Stirling solares en varios aspectos para la carga de baterías. Primero, las celdas solares fotovoltaicas ofrecen una mayor velocidad en la carga de baterías, un factor clave para aplicaciones que requieren respuestas rápidas y eficientes. Segundo, estas celdas mantienen una eficiencia superior en la captación de energía a lo largo del año, lo que las convierte en una opción más fiable y versátil para diversas condiciones climáticas y geográficas.

Estos hallazgos subrayan la importancia de la eficiencia y la confiabilidad en la selección de tecnologías de energía renovable. Mientras que los motores Stirling solares pueden ser adecuados para aplicaciones específicas en condiciones óptimas[19], las celdas solares fotovoltaicas ofrecen una solución más robusta y adaptable para un rango más amplio de necesidades energéticas.

Finalmente, con la realización de este estudio es para ayudar y poder realizar una contribución significativa en la comprensión de las aplicaciones prácticas de la energía solar, proporcionando información importante que puede servir de guía la selección de tecnologías en el desarrollo de sistemas de energía renovable. Además, estos resultados ofrecen una base sólida para futuras investigaciones, enfocadas en optimizar la eficiencia y la viabilidad de las tecnologías de energía renovable en diversos contextos[20].

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a el MSc. Ing. Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo Cuyo conocimiento en el campo de las energías renovables sirvió de orientación para el cumplimiento de las etapas de esta investigación.

Referencias

- T. Padiou, “Could Solar Powered Stirling Engines Be Viable Alternative to Solar Panels to Power Homes?,” 2023, Accessed: Nov. 06, 2023. [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=4489917> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4489917>
- R. Gheith, H. Hachem, F. Aloui, and S. Ben Nasrallah, “Stirling Engines,” *Comprehensive Energy Systems*, vol. 4–5, pp. 169–208, Jan. 2018, doi: 10.1016/B978-0-12-809597-3.00409-0.

Análisis comparativo en aplicaciones de carga de batería utilizando motores stirling versus celdas solares

- A. B. Awan, M. Zubair, Z. A. Memon, N. Ghalleb, and I. Tlili, “Comparative analysis of dish Stirling engine and photovoltaic technologies: Energy and economic perspective,” *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 44, p. 101028, Apr. 2021, doi: 10.1016/J.SETA.2021.101028.
- V. Villarreal Dra Lilia Muñoz, *Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil*. 2019.
- D. Li, J. Guo, J. Zhang, L. Zhan, and M. Alizadeh, “Numerical assessment of a hybrid energy generation process and energy storage system based on alkaline fuel cell, solar energy and Stirling engine,” *J Energy Storage*, vol. 39, p. 102631, Jul. 2021, doi: 10.1016/J.EST.2021.102631.
- L. Villajos Argelina and F. Javier Pino Lucena, “Estado del arte de microrredes basadas en energías renovables y motores Stirling,” 2022.
- M. A. Carlos and F. S. Camacho, “COMPARATIVA DE HUELLA ECOLOGICA DE MOTOR STIRLING CONTRA CELDA FOTOVOLTAICA Tesis que como Requisito para Obtener el Grado de,” 2013.
- I. Elvis, P. Soto, and J. W. Dixon, “CELDAS FOTOVOLTAICAS EN GENERACION DISTRIBUIDA,” 2005.
- F. Aksoy, H. Karabulut, C. Çinar, H. Solmaz, Y. Ö. Özgören, and A. Uyumaz, “Thermal performance of a stirling engine powered by a solar simulator,” *Appl Therm Eng*, vol. 86, pp. 161–167, Jun. 2015, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2015.04.047.
- A. B. Awan, M. Zubair, Z. A. Memon, N. Ghalleb, and I. Tlili, “Comparative analysis of dish Stirling engine and photovoltaic technologies: Energy and economic perspective,” *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 44, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.seta.2021.101028.
- M. Atta and E. Bakhit, “COMPARITIVE STUDY OF PHOTOVOLTAICS AND DISH STIRLING ENGINES FOR DECENTRALISED POWER GENERATION IN SUDAN,” 2014.
- D. Revelo-Vaca, F. Ordóñez, and J. Villada, “Atla Solar Ecuador,” *Scinergy*, p. 30, 2019, Accessed: Nov. 20, 2023. [Online]. Available: https://www.ingenieriaverde.org/wp-content/uploads/2020/01/Mapa_Solar_del_Ecuador_2019.pdf
- V. İncili, G. Karaca Dolgun, A. Georgiev, A. Keçebaş, and N. S. Çetin, “Performance evaluation of novel photovoltaic and Stirling assisted hybrid micro combined heat and power system,” *Renew Energy*, vol. 189, pp. 129–138, Apr. 2022, doi: 10.1016/J.RENENE.2022.03.030.

Análisis comparativo en aplicaciones de carga de batería utilizando motores stirling versus celdas solares

- A.; Gonnet *et al.*, “Sistemas de microgeneración que integran paneles fotovoltaicos con generadores de electricidad y calor combinados (CHP) y almacenamiento en batería,” 2021.
- A. B. Awan, M. Zubair, and K. V. V. Chandra Mouli, “Design, optimization and performance comparison of solar tower and photovoltaic power plants,” *Energy*, vol. 199, May 2020, doi: 10.1016/j.energy.2020.117450.
- M. Zubair, A. Bilal Awan, A. Al-Ahmadi, and G. A. K. Ahmed, “NPC based design optimization for a net zero office building in hot climates with pv panels as shading device,” *Energies (Basel)*, vol. 11, no. 6, Jun. 2018, doi: 10.3390/en11061391.
- “Industry Leading Technology for Off-Grid, Off-Shore and Backup Power Applications,” 2022. [Online]. Available: www.xunzel.com
- E. Bellos and C. Tzivanidis, “Development of an analytical model for the daily performance of solar thermal systems with experimental validation,” *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 28, pp. 22–29, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.seta.2018.05.003.
- D. A. Trayser and J. A. Eibling, “A 50-Watt Portable Generator Employing a Solar-Powered Stirling Engine.”
- M. Dale, “A comparative analysis of energy costs of photovoltaic, solar thermal, and wind electricity generation technologies,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 3, no. 2, pp. 325–337, Jun. 2013, doi: 10.3390/app3020325.