

Diseño Del Sistema De Generación Híbrida Fotovoltaica-Diesel En La Empresa De Ferrocarriles Oriente

Design of the photovoltaic-Diesel hybrid generation system at the Eastern Railway Company

Alexander Curbelo Cornier, MSc. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba https://orcid.org/0000-0002-3498-025X acurbelo@uo.edu.cu	Delmar Jaime García, MSc. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba https://orcid.org/0000-0002-8103-8523 djaime@uo.edu.cu	Vilma Mediaceja Duany, Lcda. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba http://orcid.org/0000-0003-0047-1526 vilma@uo.edu.cu
---	---	---

Palabras claves: Energía, fotovoltaico, híbridos, red eléctrica.
Keywords: Energy, photovoltaic, hybrids, electricity grid.

Recibido: 11 de mayo de 2025
Aceptado: 17 de julio 2025

RESUMEN

El diseño de un sistema híbrido fotovoltaico-diésel de energía para la Empresa de Ferrocarriles Oriente integrado por módulos fotovoltaico, red eléctrica, grupos electrógenos e inversores tiene como objetivo reducir el consumo de energía eléctrica para la empresa de Ferrocarriles de Oriente los cuales transformaran la energía que generan los paneles fotovoltaicos para que pueda ser adaptada acorde a los parámetros eléctricos precisos que requieren para su normal funcionamiento. Para ello se hizo una minuciosa búsqueda bibliográfica donde se analizó la situación actual de la utilización de las energías renovables en el mundo y en Cuba, la caracterización de los sistemas de alimentación de energía eléctrica y la descripción de las cargas que alimentarán el sistema, así como los métodos de cálculo para la determinación de los valores a tener en cuenta mediante el cual resultó positivamente en el ahorro energético de igual manera evitando interrupciones en el servicio.

ABSTRACT

The design of a hybrid photovoltaic-diesel energy system for the Oriente Railway Company made up of photovoltaic modules, electrical grid, generator sets and inverters aims to reduce the consumption of electrical energy for the Eastern Railway Company, which will transform the energy generated by the photovoltaic panels so that it can be adapted according to the precise electrical parameters required for its normal operation.

To this end, a meticulous bibliographic search was carried out where the current situation of the use of renewable energies in the world and in Cuba was analyzed, the characterization of the electric power supply systems and the description of the loads that will feed the system, as well as the calculation methods for the determination of the values to be taken into account through which it resulted positively in energy savings in the same way, avoiding interruptions in service.

INTRODUCCIÓN

La transición a un sistema híbrido de energía es perfecta para quienes aún dudan de las energías renovables. Es además una alternativa eficiente para comercios e industrias con una alta demanda energética. Dentro de las formas de energía existentes, la electricidad resulta hoy en día imprescindible en la mayoría de las actividades humanas, por su comodidad, limpieza y la automatización de muchos procesos industriales. En la última década las preocupaciones por las emisiones de carbono han llevado al desarrollo de estrategias y acciones claves para reducirlas.

En Cuba, la utilización de sistemas de generación eléctrica híbridos puede ser una solución efectiva para mejorar la eficiencia energética y reducir la dependencia de combustibles fósiles.

Alomoto y Pilco (2017) manifiestan que, en la actualidad el uso de energías se encuentra en auge, debido al alto grado de contaminación producido por el uso de combustibles fósiles, la energía solar se ha vuelto

de suma importancia debido a su ilimitado uso mediante paneles solares, al existir una gran demanda de este tipo de energía se ve necesario el diseño de equipos que ayuden a su óptimo consumo con el fin de aprovechar la energía proporcionada por paneles solares, gracias a la radiación solar.

Los sistemas fotovoltaicos son sistemas que producen electricidad directamente de la luz solar. Los sistemas fotovoltaicos (FV) producen energía limpia y confiable sin consumir combustibles fósiles y pueden ser usados en una amplia variedad de aplicaciones. Una aplicación a pequeña escala de la tecnología FV es el suministro de energía para relojes y radios. En una escala mayor, muchas redes de servicios públicos han instalado recientemente grandes arreglos de módulos fotovoltaicos para abastecer a los consumidores con electricidad de generación solar, o como sistemas de respaldo para equipos críticos (Energy International, 2003).

La empresa de Ferrocarriles de Oriente como bien lo indica su nombre es una entidad encargada de organizar y controlar el movimiento de los trenes en la región oriental durante las 24 horas del día, donde se toman medidas afecten la calidad del proceso, como limitaciones debido a la capacidad energética del uso de medios de computación y climatización o suspensión en horarios del día de la electricidad, entre otras debido a que la entidad no cuenta con una fuente de energía alternativa para alimentar sus cargas y poder continuar el proceso satisfactoriamente y satisfacer sus necesidades energéticas lo cual se presentan las siguientes necesidades, por lo cual se tiene como objetivo proponer un diseño de un sistema de generación de energía híbrido (fotovoltaico – diésel) conectado a red para la empresa Ferrocarriles ya que el diseño de un sistema de generación de energía híbrido (fotovoltaico – diésel) influye en la reducción del consumo de energía eléctrica para la empresa donde los recursos naturales en este caso la influencia del sol constituyen la base de los tres pilares del desarrollo sostenible: económico, social y calidad medioambiental y el empleo en este caso de un modelo energético híbrido con diésel con la instalación de grupos electrógenos que satisface las necesidades actuales, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, al tener en cuenta la dimensión económica (crecimiento económico), dimensión social (progreso social) y dimensión medioambiental (protección del medio ambiente y uso racional de los recursos).

En situaciones donde la energía solar no es suficiente (como durante la noche o en condiciones meteorológicas adversas), el generador diésel toma el control, asegurando que el suministro de energía sea ininterrumpido. El controlador híbrido garantiza que el generador funcione de manera óptima, evitando sobrecargas y minimizando el consumo innecesario de combustible (Pérez, 2024).

MATERIA Y MÉTODOS

Descripción de las cargas que se alimentaran en el diseño propuesto

Para la realización del diseño del Sistema Híbrido Solar fotovoltaico (SHDSFV) es importante tener en cuenta los siguientes aspectos claves [3]:

1. Dimensionamiento adecuado: Es importante calcular correctamente la capacidad de generación solar fotovoltaica y la capacidad del generador diésel de respaldo para cubrir las necesidades energéticas de la instalación. Se deben considerar tanto la demanda de energía diurna como la nocturna.
2. Integración de componentes: Es necesario integrar de manera adecuada los paneles solares, inversores, baterías de almacenamiento diésel en el sistema para garantizar un funcionamiento coordinado y eficiente.
3. Control y supervisión: Implementar un sistema de control y supervisión que permitan monitorear el rendimiento de cada componente del sistema, así como a la gestión inteligente de la energía para utilizar el uso de la energía solar y minimizar el funcionamiento del generador diésel.
4. Sistema de almacenamiento: La inclusión de baterías de almacenamiento es crucial para garantizar un suministro continuo de energía en momentos que la generación solar no sea suficiente como durante la noche y días nublados [4].

Los sistemas de almacenamiento de energía ofrecen una solución a esta imprevisibilidad al capturar el exceso de energía producida durante las horas pico de luz solar. Esta energía almacenada puede luego distribuirse durante períodos de baja generación solar o alta demanda de electricidad, asegurando un suministro de energía continuo y confiable. Al suavizar las discrepancias entre producción y demanda, ESS convierte la energía solar en una fuente más consistente y manejable (Nova, 2025).

Las cargas que se alimentaran en el sistema son computadoras, impresoras, lámparas, televisores, refrigeradores, fotocopadoras, escáner, ventiladores, etc. La potencia total instalada de la carga para alimentar es de 16,892 kW y la energía demandada es de 87,4 kWh/mes.

En cualquier diseño es necesario tener una idea del funcionamiento de las cargas que se desean suministrar energía para su operación.

La energía solar es una energía renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del Sol (School, 2016).

El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema fototérmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico), utilizada para las instalaciones de plantas fotovoltaicas Valencia (2024).

El sistema propuesto se instalará en tres áreas:

En el edificio correspondiente a la dirección de la Empresa de Ferrocarriles de Oriente que tiene tres pisos donde radican las diferentes especialidades de la Empresa (dirección de locomotoras, dirección de vagones, dirección de explotación, oficina despachadora, dirección de informatización etc.). En la cubierta del edificio tiene espacio suficiente para dar ubicación de paneles solares que conforman el generador, en el taller de locomotoras y vagones, dónde se realizan la Inspección del material rodante que llega y sale y se habilitan las locomotoras en el punto de combustible en este caso por el área que posee la instalación existe espacio suficiente para instalar las celdas fotovoltaicas en el techo y en la estación ferroviaria existe una gran área de techo donde se podrían colocar un generador fotovoltaico, pero en dicha instalación no existe ningún objetivo ferroviario que requiera una alimentación de respaldo. Lo que no se justifica económicamente. Solo se justificaría un sistema con penetración a la red para mejorar los parámetros de la red al inyectar energía.

Determinación de la energía demandada

Para determinar la energía demandada se realizó un levantamiento previo de todo el equipamiento existente en el lugar previsto, cada equipo con su potencia nominal y además por el tiempo de uso en horas diarias de acuerdo con los datos obtenidos se realizó una corrida preliminar, estimando que para cubrir la demanda es necesaria un área mayor. Con los datos, como referencia inicial se procede a obtener una lista exacta de todos los equipos imprescindibles, que van a conformar la demanda a satisfacer por el SDH – FV a diseñar para casos de emergencia y ahorro de energía.

Diseño del generador fotovoltaico

Para el diseño de los generadores fotovoltaicos, se calcula el valor de la potencia pico de cada generador a partir de la demanda energética de las instalaciones, corrigiendo de este valor con los diferentes índices de eficiencia que afecta a la energía producida desde el generador hasta el consumo. Para este método, el generador debe cubrir la demanda energética obtenida a partir del cálculo de consumo, teniendo en cuenta la insolación, la corrección de inclinación y todas las pérdidas. El dimensionamiento de los GF se realizó para el mes más crítico el intervalo de aprovechamiento. En este caso del método de valor de potencia pico el valor nominal del generador fotovoltaico se obtiene como dato de partida, quedando expresado en la ecuación (1).

$$W = \frac{E}{(K_n \cdot \eta_{tot} \cdot HSP)} \quad (1)$$

Nmód Total = Pico / Pnom mód

Donde:

- ✓ Nmód total: Número de módulos total.
- ✓ P pico: Potencia Pico.
- ✓ PNom mód: potencia nominal del módulo.

Como lo aseguran Valladares et al. (2023, p. 2):

Existen factores que pueden modificar el aprovechamiento de la energía solar. Aunque el costo por kWh ha disminuido en los últimos años, el coste inicial todavía puede ser elevado; requiere de grandes áreas para producir grandes cantidades de energía y puede presentar variaciones importantes en la potencia entregada a la red —aunque esto último puede evitarse mediante el almacenamiento de energía, lo cual encarecería el proyecto. Otros factores a tener en cuenta son las condiciones climáticas, como el excesivo calor, la humedad o períodos de lluvias, nubes y niebla, que pueden afectar negativamente su rendimiento y la entrega de energía a la red.

Selección del área y estructura del soporte para el emplazamiento

La orientación de los paneles fotovoltaicos y el ángulo de incidencia tienen un gran impacto en la energía entregada por las centrales fotovoltaicas. Cuanto mejor sea la ubicación, orientación y ángulo de inclinación de los paneles solares, mayor será la energía entregada y, por lo tanto, mayores serán los beneficios de ahorro en costos de electricidad, combustible y reducción de emisiones (Valladares Aguilera et al., 2023, p. 2).

Teniendo en cuenta que la investigación se desarrolla en tres lugares diferentes, se define la ubicación de los paneles en cada una de las cuales son: Edificio de la Empresa, Taller de Locomotoras y Vagones y Estación Ferroviaria: “Senen Casas Regueiro”.

Las áreas seleccionadas para la ubicación de los paneles fotovoltaicos son en el techo de los edificios porque es el lugar donde existen las condiciones adecuadas para que los paneles reciban la mayor cantidad de radiaciones solares. La demanda de energía diaria (E) es de, 33 kW, 43 kW y 350 kW respectivamente. El valor de la radiación promedio solar (HSP) es de 5.3 KWh/m día. El factor de corrección para el ángulo óptimo es de 1.1.

Vea la ecuación (1) donde las pérdidas de energía deben de ser compensadas por el bloque generador, se estima que las pérdidas para el control de la carga serán de un 2 % y para el cableado un 10 % respectivamente del total a generarse.

$$\eta_{tot} = 0.98 \cdot 0.90 = 0.882.$$

El módulo solar HEE215M está ensamblado con células mono cristalinas de alta eficiencia, diseñadas y fabricadas por proveedores líderes del sector garantizando una larga duración y potencia de salida. Los robots ubican las células de 3 Bus Bar con alta uniformidad e interconectan el ribbon de forma eficiente. El vidrio ligeramente texturizado, de gran transmisión óptica y captador de luz difusa, cubre las células dando homogeneidad para crear un módulo estético de gran rendimiento. La hoja trasera de alto aislamiento es de color blanco. El marco de aluminio doblemente reforzado crea una estructura rígida, con flexibilidad para instalar el módulo tanto en casas residenciales como en grandes instalaciones sobre suelo o cubierta (EUROPE, 2012).

Alta potencia

- 240-260 Watt.
- Amplia gama de potencia Estética homogénea
- Máxima fiabilidad

Dimensiones

- Largo x Ancho: 1680 x 990 mm
- Espesor: 40 mm
- Peso: 22 kg

Dimensionamiento del inversor

Se ha estudiado la mejor forma de conexión de los módulos fotovoltaicos en serie y en paralelo con el programa PVsyst 5.64 que es el software de simulación SFV diseñado con inversores y módulos fotovoltaicos de diferentes fabricantes. A continuación, según la ecuación (2), se calcula la potencia reducida por el SFV con la configuración antes mencionada y en condiciones estándar en las ecuaciones que siguen:

$$V_{inv} = N_{serie} \cdot V_{mod} \quad (2)$$

Dónde:

- ✓ V_{inv} : Tensión de trabajo del inversor.
- ✓ N_{serie} : número de módulos en serie.
- ✓ V_{mod} : Tensión máxima que puede proporcionar un modulo FV.

Teniendo en cuenta que el inversor puede trabajar con una potencia de entrada de se puede calcular la corriente que generan los módulos fotovoltaicos al inversor por la ecuación en condiciones estándar.

$$I_{cc} = \frac{P_{inv}}{V_{inv}} \quad (3)$$

Dónde:

- ✓ I_{cc} : corriente de entrada del inversor (A).
- ✓ P_{inv} : potencia máxima de entrada del inversor (W).
- ✓ V_{inv} : tensión de entrada al inversor (V).

Ahora se verifica el número de módulos que han de conectarse en paralelo que están ya conectado en paralelo que están ya conectados en serie con el inversor con la ecuación.

$$N_{paralelo} = \frac{I_{cc}}{I_{módulo}} \quad (4)$$

Dónde:

- ✓ $N_{paralelo}$: número de módulos en paralelo.
- ✓ I_{cc} : corriente de entrada al inversor (A).
- ✓ $I_{módulo}$: Intensidad máxima que proporciona un módulo fotovoltaico.

A partir de esto, se puede calcular en la ecuación (3) se calcula la potencia de instalación del inversor.

$$P_{inst} = I_{inst} \cdot V_{inv} \quad (5)$$

Sustituyendo, se calcula la potencia de instalación del inversor.

$$P_{nom} = N_{modtotal} \cdot 250 \quad (6)$$

Selección del inversor

El inversor que se propone es Inversor Cargador Híbrido Victron Multi RS Solar 48/6000 s un inversor-cargador de 48 V y 6 kVA con entrada de 450 VCC y 4 kWp FV, junto a su tecnología de alta frecuencia y a su nuevo diseño, este potente inversor solo pesa 11 kg. Además, tiene una eficiencia excelente, bajo consumo de energía en reposo y un funcionamiento muy silencioso (B.V., 2025).

La pantalla muestra parámetros de la batería, el inversor y el controlador de carga solar.

Dimensionamiento del grupo electrógeno

El grupo electrógeno (GE) trabajando de forma aislada o sincronizada al SEN. La norma ISO 8528 -1 plantea que los GE pueden trabajar de dos formas: De acuerdo con las características que expresa el

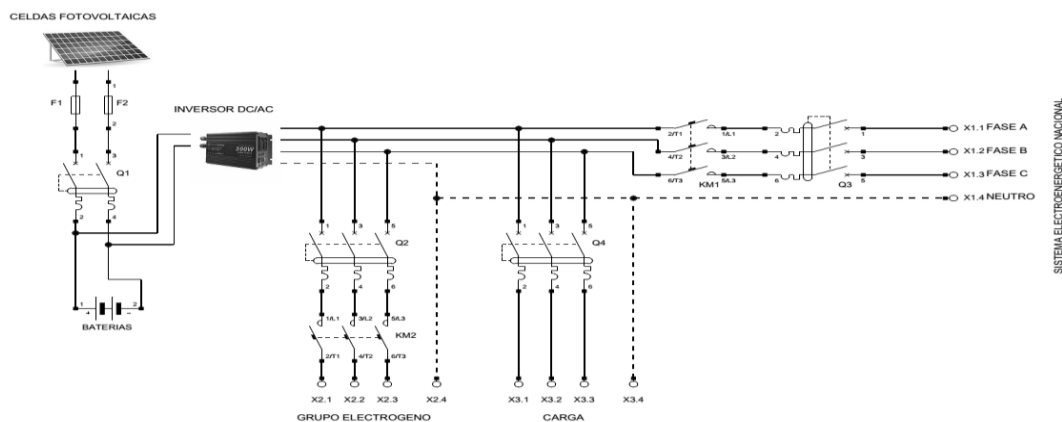
catálogo de GE (Grupo Electrónico) se recomienda seleccionar grupos para cada área motor electrónico Baudouin con o sin carrocería con potencia standby de 69 kVA – 55 kW, con un voltaje de 400 V y una frecuencia de 60 Hz. Se utiliza en ocasiones donde no existe un suministro de red o cuando se produce un fallo en la red eléctrica.

Desarrollo del sistema híbrido

En la siguiente figura se muestra el sistema híbrido propuesto en la instalación, es imprescindible como mínimo poseer un plano del lugar del emplazamiento o realiza una visita porque la ubicación de los puntos de consumo es imprescindible para el cálculo de los conductores [7].

Las áreas seleccionadas para los emplazamientos de los sistemas fotovoltaicos se caracterizan por ser relativamente llanas. Dichos emplazamientos tienen condiciones que facilitan su construcción y su futura operación [8].

Figura 1. Esquema de conexión del Sistema Híbrido Fotovoltaico-Diésel



Fuente. Elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con las metodologías y cálculos realizados para el Sistema Híbrido Fotovoltaico – Diésel se ubicaron en los techos de los locales en las áreas seleccionadas. Sustituyendo los valores de la ecuación (1), se calcula la corriente que han de generar los módulos.

Edificio de la Empresa

Aplicando el método de potencia Pico por la ecuación (1).

$$W = \frac{350}{(1.1 \cdot 0.882 \cdot 5.3)}$$

$$W = \frac{350}{(5.14)}$$

$$W = 68Kwh = 68000Wp$$

Como la potencia a consumir es de 68000, entonces:

$$Nmód\ Total = Pico / Pnom\ mód$$

Donde:

- ✓ Nmód total: Número de módulos total.
- ✓ P pico: Potencia Pico.
- ✓ PNom mód: potencia nominal del módulo.

Sustituyendo la ecuación (1) se obtiene:
Nmód Total: 68000/250 = 272 módulos.

Aplicando la ecuación (1) en área de Taller de Locomotoras y Vagones

$$W = \frac{330}{(1.1 \cdot 0.882 \cdot 5.3)}$$

$$W = \frac{330}{(5.14)}$$

$$W = 64KWp = 64000Wp$$

Como la potencia a consumir es de 64000, entonces:
Nmód Total: 64000/250 = 256 módulos.

Aplicando la ecuación (1) en área de Estación Ferroviaria: "Senen Casas Regueiro

$$W = \frac{450}{(K_n \cdot \eta_{tot} \cdot HSP)}$$

$$W = \frac{450}{(1.1 \cdot 0.882 \cdot 5.3)}$$

$$W = \frac{450}{(5.14)}$$

$$W = 87Kwh = 87000Wp$$

Como la potencia a consumir es de 87000, entonces:
Nmód Total: 87000/250 = 348 módulos.

A continuación, en las siguientes tablas (1, 2; y 3) se presentan los valores obtenidos de corriente, número de módulos fotovoltaicos necesarios y la potencia de los inversores en cada área para el sistema híbrido propuesto en la institución.

Tabla 1. Cálculo de la corriente que generan los módulos

Ubicación	E	Kn	η_{tot}	HSP	W	Pnom mód	Nmód	Nserie	Vmód	Vinv	Pinv	Icc
Edificio Empresa	350	1,1	0,882	5,3	68,07	250	272	68	30	2040	68000	33,3
Taller de Locomotora	330	1,1	0,882	5,3	64,18	250	257	64	30	1920	64000	33,3
Estación Ferroviaria	450	1,1	0,882	5,3	87,51	250	350	87	30	2610	87000	33,3

Fuente. Elaboración propia.

Ahora se verifica el número de módulos que se conectan en paralelo y en serie con el inversor según la ecuación (2).

Tabla 2. Cálculo del número de módulos fotovoltaicos

Ubicación	Icc	Imódulo	Nparalel	Np	I modulo	Iinst
Edificio Empresa	33	8,22	4	4	8,22	32,88
Taller de Locomotora	33	8,22	4	4	8,22	32,88
Estación Ferroviaria	33	8,22	4	4	8,22	32,88

Fuente. Elaboración propia.

Sustituyendo los valores en la ecuación (3), se calcula la potencia de instalación del inversor para cada instalación. El programa ha demostrado como resultado la mejor configuración de 4 ramas en paralelo:

En el caso del Edificio de la Empresa, con 68 módulos fotovoltaicos conectados en serie, en el Taller de Locomotoras con 4 ramas en paralelas con 64 módulos fotovoltaicos conectados en serie y en la Estación Ferroviaria con 4 ramas conectadas en paralelo con 87 módulos fotovoltaicos conectados en serie.

Tabla 3. Cálculo de la potencia de los inversores

Ubicación	Iins (A)	Vinv (V)	Pinst (kW)	Nmód total	Vnónmod (V)	Pnom (kW)
Edificio Empresa	32,880	2040,00	67,1	272	250	68,0
Taller de Locomotoras	32,880	1920,00	63,1	256	250	64,0
Estación Ferroviaria	32,880	2610,00	85,8	350	250	87,5

Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo con la potencia instalada la cual tienen un valor de 68,0 en caso de la Empresa; 64,0 consumidos en el Taller de Locomotoras y 87,5 en la Estación Ferroviaria se propone el Grupo Electrónico a utilizar para satisfacer la carga en dichas áreas.

Tabla 4. Valores de grupos electrógenos

Fuente. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el diagnóstico realizado se corrobora la inexistencia de una fuente de energía alternativa para alimentar las áreas de la Empresa de Ferrocarriles de Oriente. Se logró el diseño de un Sistema Híbrido Solar Fotovoltaica combinando la energía solar con la generación diésel para alimentación de la Entidad para influir de manera positiva en la reducción del consumo y ahorro energético del SEN contribuyendo a la Eficiencia Energética, así como apoyar a cuidado del medio ambiente con el empleo de una fuente renovable de energía.

Ubicación	Pinst (KW)	FP	SKVA
Edificio Empresa	68	0,8	54,4
Taller de Locomotora	64	0,8	51,2
Estación ferroviaria	87	0,8	69,6

REFERENCIAS

1. B.V., V. E. (01 de 2025). Energy B.V. Blue power. Obtenido de file:///C:/Users/inve1/Downloads/Datasheet-Inverter-RS-Smart-Solar-ES.pdf
2. EUROPE, H. E. (09 de 2012). Todo En Solar. Obtenido de https://www.todoensolar.com/WebRoot/StoreES/Shops/61987244/505B/120D/FE69/C0FE/0933/C0A8/28BA/E244/215M_ESP.pdf
3. INTERNATIONAL, S. E. (2003). FOTOVOLTAICA Manual de diseño e instalación. Obtenido de <https://www.solarenergy.org/wp-content/uploads/2019/11/Fotovoltaica-Condensed.pdf>
4. Nova, A. (2025). Impulsar la eficiencia de la energía solar mediante sistemas de almacenamiento de energía. Obtenido de <https://solarbatterymanufacturer.com/es/sistemas-de-almacenamiento-de-energia/>
5. Oswaldo Alomoto Fajardo, D. P. (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. Quito.
6. Pérez, A. (22 de 11 de 2024). Portal Solar. Obtenido de https://portalsolar.com.ar/actualidad/eficiencia-energetica/hibridacion-de-energia-solar-y-generacion-diesel-eficiencia-y-sostenibilidad-energetica/?utm_source=chatgpt.com

7. School, E. B. (21 de 04 de 2016). Blog de CEUPE. Obtenido de <https://www.ceupe.com/blog/que-es-el-balance-energetico-de-la-tierra.html>
8. Valencia, F. (2024). Manual sobre instalaciones de plantas fotovoltaicas. Arica.
9. Valladares Aguilera, J., Nieto Martos, O., Martínez Castillo, E., & Santos Fuentefría, A. (2023). Análisis de la influencia del azimut y ángulo de inclinación en centrales fotovoltaicas de Cuba. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, 2.
10. Valladares Aguilera, J., Nieto Martos, O., Martínez Castillo, E., & Santos Fuentefría, A. (2023). Análisis de la influencia del azimut y ángulo de inclinación en centrales fotovoltaicas de Cuba. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, 2.