

## **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO HÍBRIDO DESCONECTADO DE LA RED PARA LA DEMANDA ENERGÉTICA DE UN HOTEL**

Johana Gabriela Chiliquinga Taipe

jgchiliquingat@istx.edu.ec

ORCID:0009-0000-1524-6829

Instituto Superior Universitario Cotopaxi- Ecuador

Geovanny Daniel Imbaquingo Imbaquingo

danielimbaquingo1989@gmail.com

ORCID: 0009-0005-5554-224X

Instituto Superior Universitario Cotopaxi- Ecuador

Alex Fernando Sampedro Chiliquinga

alexisfernando12@hotmail.com

ORCID:0009-0000-7055-3741

Instituto Superior Universitario Cotopaxi- Ecuador

Recibido: 10/11/24

Aceptado: 12/12/24

Publicado: 01/01/25

### **RESUMEN**

La investigación describe el dimensionamiento e implementación de un sistema fotovoltaico híbrido desconectado de la red de 10 kW que permite aprovechar el potencial solar de la zona y el espacio arquitectónico de un hotel ubicado en el centro norte de la ciudad de Quito, para cubrir parte de la demanda energética. La metodología empleada abarcó un levantamiento de cargas eléctricas y su demanda energética; para ello, se utilizó fichas técnicas de recolección de datos y análisis de consumo energético para la identificación de los patrones de uso y las necesidades específicas de abastecimiento. Posteriormente, se realizó la selección y dimensionamiento de los componentes del sistema, incluyendo paneles solares, baterías selladas tipo AGM y un inversor desconectado de la red utilizado para la conversión de energía, garantizando la estabilidad del suministro eléctrico. El montaje de la instalación se ejecutó siguiendo las especificaciones técnicas para la seguridad y el rendimiento adecuado del sistema. Finalmente, se analizó la energía producida mediante un aplicativo online, permitiendo un monitoreo del desempeño del sistema. El análisis demuestra su viabilidad técnica para un suministro de electricidad de calidad, segura y confiable y su enfoque económico que promueve la sostenibilidad y sustentabilidad energética, así como la reducción del consumo energético de la red pública.

**PALABRAS CLAVE:** sistema fotovoltaico, energía solar, inversor, off grid.

## IMPLEMENTATION OF AN OFF-GRID HYBRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR THE ENERGY DEMAND OF A HOTEL

### ABSTRACT

The research describes the design and implementation of a 10 kW off-grid hybrid photovoltaic system aimed at harnessing the solar potential of the area and the architectural space of a hotel located in the north-central area of Quito city, in order to cover part of its energy demand. The methodology included a survey of electrical loads and their energy consumption. Data collection sheets and energy consumption analyses were used to identify usage patterns and specific supply needs. Subsequently, the system components were selected and sized, including solar panels, sealed AGM-type batteries, and an off-grid inverter used for energy conversion, ensuring stability of the electricity supply. The installation assembly was carried out in accordance with technical specifications to ensure safety and optimal system performance. Finally, the produced energy was analyzed through an online application, enabling performance monitoring of the system. The analysis demonstrates its technical feasibility for a high-quality, safe, and reliable electricity supply, along with an economic approach that fosters energy sustainability and efficiency while reducing consumption from the public grid.

**KEY WORDS:** photovoltaic system, solar energy, inverter, off grid.

## 1. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de energía y la necesidad de fuentes renovables impulsan la implementación de sistemas fotovoltaicos. Esta investigación tuvo como objetivo el dimensionamiento y la implementación de un sistema fotovoltaico de 10 kW, para abastecer la demanda energética de un hotel ubicado en el centro norte de la ciudad de Quito, un área con un alto potencial solar y una creciente demanda de energía.

El sistema híbrido integra energía solar con un sistema de almacenamiento o generador auxiliar, garantizando una fuente de energía estable y autónoma, sin necesidad de conexión a la red eléctrica. Además, busca mejorar la eficiencia energética del hotel, reduciendo sus costos operativos y su impacto ambiental. Este enfoque no solo favorece el desarrollo sostenible de la ciudad, sino que también posiciona a este servicio como un líder en la adopción de soluciones tecnológicas respetuosas con el medio ambiente.

El impacto principal que se evidenció es la reducción de la energía consumida por el hotel de la red pública, por ende, la disminución del costo de la planilla, puesto que los sistemas fotovoltaicos con inversor híbrido presentan una conexión a través de la red pública y banco de baterías. Por lo tanto, este presenta la opción de almacenamiento de la energía que producen los paneles solares, su condición de operación es en modo de respaldo y el nivel de autoconsumo es alto. El excedente de la energía puede ser almacenada, es decir, en el caso de una suspensión de la red pública seguirá funcionando en forma normal para abastecer la carga eléctrica conectada al hotel.

Desde el punto de vista de la ingeniería eléctrica y energética, los sistemas fotovoltaicos con inversor híbrido representan la solución apropiada cuando se busca: confiabilidad, autonomía, continuidad del servicio y máximo aprovechamiento energético, aunque impliquen una mayor inversión inicial.

Según los autores Yépez y Flores (2024), en el trabajo titulado: "Diseño de un sistema de generación solar fotovoltaico para autoconsumo considerando la regulación ecuatoriana". Este proyecto analiza y diseña un sistema de generación solar fotovoltaico para autoconsumo en la azotea del edificio E de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil, siguiendo la normativa ecuatoriana ARCERTNNR 001/2021. El objetivo fue reducir la carga en la red eléctrica, utilizando energía renovable, aprovechando la radiación solar local y contribuyendo al cuidado ambiental. Se abordaron temas como las fuentes de energía renovable, equipos y tipos de sistemas fotovoltaicos y sus conexiones. A partir de la información técnica y el análisis del edificio, se calculó la energía anual estimada mediante el software PV Sy, comparando la demanda con y sin el sistema fotovoltaico. Esto permitió evaluar el ahorro energético, el retorno de la inversión y los beneficios de la implementación del sistema.

En este mismo sentido, una investigación realizada por Peñalva (2024) fue muy valiosa porque aporta una metodología moderna de optimización (demanda + clima + dimensionamiento + minimización de costos), ideal si se planea diseñar algo robusto y adaptado a condiciones reales.

El estudio en Ecuador de Cadena Gallardo y Carrión (2024), demuestra que un sistema híbrido con baterías e inversor híbrido es viable, incluso para sistemas pequeños de demanda moderada y útil para dimensionar prototipos o sistemas residenciales y empresariales. Un ejemplo es un sistema de energía para el consumo de un hotel con una tarifa comercial de electricidad del sistema público.

Finalmente, el trabajo de Proaño (2013) ofrece una perspectiva crítica sobre este tipo de sistemas híbridos de energía: en viviendas de bajo consumo, la viabilidad económica puede ser marginal a menos que existan incentivos o subsidios, lo que te ayuda a entender los riesgos en proyectos residenciales aislados o pequeños.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología incluyó el levantamiento de información sobre el consumo energético del hotel, la ubicación geográfica y la radiación solar en la zona. Se seleccionaron componentes como paneles solares marca Trinasolar, policristalinos de 575 W, baterías de plomo-ácido de gel AGM y un inversor híbrido off-grid. Se realizó el dimensionamiento del sistema, el montaje de los componentes, pruebas de funcionamiento y el análisis de la energía producida a través de una aplicación en línea. La metodología empleada en este proyecto se estructuró en una serie de etapas interconectadas, cada una estructurada para contribuir al objetivo general de implementar un sistema fotovoltaico híbrido eficiente y confiable.

**Levantamiento de información.** Inicialmente, se llevó a cabo un levantamiento integral del consumo energético del hotel, detallado en la Tabla 1. Este proceso incluyó la recopilación de datos sobre las cargas instaladas en el sistema eléctrico, los patrones de uso de energía a lo largo del día y las variaciones funcionales en el consumo.

**Tabla 1**

Carga instalada en el hotel ubicado en el centro norte de la ciudad de Quito.

| Cantidad | Descripción            | Potencia Unitaria [W] | Potencia Total [W] |
|----------|------------------------|-----------------------|--------------------|
| 120      | focos leds             | 9                     | 1080               |
| 38       | Televisor              | 150                   | 5700               |
| 1        | Refrigeradora          | 350                   | 350                |
| 2        | Lavadora               | 600                   | 1200               |
| 1        | Bomba de agua          | 1500                  | 1500               |
| 1        | Computadora            | 400                   | 400                |
| 5        | Secadora de cabello    | 1000                  | 5000               |
| 1        | Secadora de ropa a gas | 800                   | 800                |

Chiliqinga Taipe, J. Imbaquingo Imbaquingo, G. y Sampedro Chiliqinga, A. (2025). Implementación de un sistema fotovoltaico híbrido desconectado de la red para la demanda energética de un hotel. *Revista Cotopaxi Tech*, 5(1), 124-141.  
<http://ojs.isuc.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/174>  
enero - junio (2025) ISSN 2806-5573

|   |                         |      |       |
|---|-------------------------|------|-------|
| 1 | Puerta eléctrica garaje | 450  | 450   |
| 1 | Varios accesorios       | 4000 | 4000  |
|   | Potencia instalada      |      | 20480 |

Fuente: autoría propia.

Se realizó un análisis de la ubicación geográfica del hotel (Figura 1) para determinar la radiación solar disponible, como se muestra en la Tabla 2. Este análisis consideró factores como la latitud, longitud y la altitud (Tabla 3), la orientación del edificio y las posibles obstrucciones que pudieran afectar la captación de energía solar.

### Figura 1

*Localización geográfica de la estructura metálica y teja española del hotel.*



Fuente: autoría propia.

### Tabla 2

*Localización estructura metálica y teja española.*

| Coordenadas Grados Decimales (DD) |            |             |
|-----------------------------------|------------|-------------|
| Latitud                           | Longitud   | Altitud (m) |
| 0°11'53"S                         | 78°29'54"W | 2790        |

Fuente: autoría propia.

La radiación solar expresada en horas de sol pico, se encuentra documentada en el atlas solar de Ecuador y proporcionó datos mensuales y un promedio anual de irradiación de 4.52 kWh/m<sup>2</sup> en la zona de estudio, que aplicando la constante solar de 1kW/m<sup>2</sup>, se obtiene 4.52hps.

**Tabla 3**

Datos de radiación solar, Quito.

| MES        | DÍAS | HPS |
|------------|------|-----|
| Enero      | 31   | 4,4 |
| Febrero    | 29   | 4,4 |
| Marzo      | 31   | 4,6 |
| Abril      | 30   | 4,3 |
| Mayo       | 31   | 4,2 |
| Junio      | 30   | 4,1 |
| Julio      | 31   | 4,3 |
| Agosto     | 31   | 4,6 |
| Septiembre | 30   | 4,9 |
| Octubre    | 31   | 4,8 |
| Noviembre  | 30   | 4,9 |
| Diciembre  | 31   | 4,8 |

Fuente: información tomada de Atlas solar de Ecuador Conelec (2024).

**Dimensionamiento del sistema.** Se llevó a cabo el dimensionamiento del sistema, utilizando los datos obtenidos en la recopilación de información (Tabla 4) y cálculos manuales para asegurar una cobertura técnica de la demanda energética del hotel. Se consideraron factores como la potencia nominal de los paneles solares, la capacidad de almacenamiento de las baterías, la eficiencia del inversor y las pérdidas de energía en el sistema. El objetivo fue diseñar un sistema que pudiera satisfacer la mayor parte de la demanda energética del hotel, minimizando la dependencia de la red eléctrica convencional, además del desabastecimiento energético durante un corte del suministro de energía programadas o no programadas.

**Tabla 4**

Consumo energético de cargas en el hotel.

| Plantilla cálculo de consumo de un sistema fotovoltaico |                         |                       |                    |                  |                          |
|---|-------------------------|-----------------------|--------------------|------------------|--------------------------|
| Cantidad  | Descripción             | Potencia Unitaria [W] | Potencia Total [W] | Horas de uso [h] | Energía consumo [Wh]/día |
| 60  | Focos leds              | 9                     | 540                | 4                | 2160                     |
| 15  | Televisor               | 150                   | 2250               | 4                | 9000                     |
| 1   | Computadora             | 400                   | 400                | 4                | 1600                     |
| 5   | Secadora de cabello     | 1000                  | 5000               | 4                | 20000                    |
| 1   | Puerta eléctrica garaje | 450                   | 450                | 4                | 1800                     |
| 1   | Varios accesorios       | 2000                  | 2000               | 4                | 8000                     |
|   |                         |                       |                    | <b>10640</b>     | <b>42560</b>             |

Fuente: autoría propia.

Chiliqinga Taipe, J. Imbaquingo Imbaquingo, G. y Sampedro Chiliqinga, A. (2025).

Implementación de un sistema fotovoltaico híbrido desconectado de la red para la demanda energética de un hotel. *Revista Cotopaxi Tech*, 5(1), 124-141.

<http://ojs.isuc.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/174>

enero - junio (2025) ISSN 2806-5573

Como se puede observar en la Tabla 4, estructurada para calcular la energía consumida, se tomó en cuenta un rango de cuatro horas de uso del sistema. Este tiempo fue el promedio de cortes energéticos en la zona en épocas de racionamiento eléctrico. De esta manera, se obtuvo una energía de consumo de 42560 Wh que equivale a 42,5kWh.

$$\text{Número de módulos} = \frac{\text{Energía consumida día [Wh]}}{\text{Potencia pico módulo [Wp]} * \text{Radiación [hsp]}}$$

$$\text{Número de módulos} = \frac{42560 [\text{Wh}]}{575 [\text{Wp}] * 4.52 [\text{hsp}]}$$

$$\text{Número de módulos} = 16.37$$

De acuerdo al cálculo, se necesitaron 16 paneles para sustentar el consumo. Cabe destacar que los datos obtenidos fueron del consumo de todas las cargas en estado de funcionamiento. Por esta razón y por aspectos económicos de financiamiento de los propietarios del hotel, se tomó la decisión de realizar el montaje de doce paneles que podrá cubrir al menos el 50% de la energía consumida de la red pública.

**Selección e instalación de componentes específicos.** La selección de los componentes del sistema se basó en un análisis de las necesidades del proyecto, la disponibilidad en el mercado ecuatoriano y las posibilidades económicas de sus propietarios. En este contexto, se eligieron paneles solares (Trinasolar, policristalinos, Modelo TSM-575DE19R (Tabla 5), debido a su alta eficiencia y rendimiento comprobado en condiciones climáticas similares a las de Quito.

### Tabla 5

Características del panel fotovoltaico Trinasolar.

| Panel Fotovoltaico Trinasolar |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| Características Generales     | Modelo TSM-575DE19R |
| Maximum power (Pmax)          | 575 W               |
| Maximum power voltaje (Vmp)   | 38,8V               |
| Maximum power current (Imp)   | 14,83A              |
| Open circuit voltaje (Voc)    | 46,1V               |
| Short circuit current (Isc)   | 15.90A              |
| Maximum series fuse           | 30A                 |
| Power selection               | 0+-5W               |
| Maximum system voltaje        | IEC1500V            |
| Dimensiones                   | 2384*1303*35 mm     |
| Peso                          | 33.9kg              |

Fuente: autoría propia.

La ubicación del panel fotovoltaico estuvo condicionada por la disponibilidad de espacio. Por ello, este estudio aprovechó el área útil en la terraza del hotel. La Figura 2 ilustra el área disponible para la instalación de los paneles fotovoltaicos. La suma del área para los 12 paneles es igual a 37.27 m<sup>2</sup>, para la instalación se utilizó herrajes de anclaje como rieles, separadores (midClamp), esquineros (endClamp), soportes en L y tornillos autoperforante, silicón, entre los más relevantes y también conectores de tipo MC4 para la conexión entre paneles.

## Figura 2

Área disponible para la instalación de los paneles fotovoltaicos.



Fuente: autoría propia.

Estos paneles tuvieron circuitos por string o cadenas con configuración de conexión salto de rana (Leapfrog wiring) y se dividieron en grupos de 4 paneles cada cadena. Los módulos se conectaron en serie y luego se interconectaron en paralelo para obtener una potencia pico instalada de 6900 W. Las tres cadenas se unieron en la caja de protecciones o string box DC; posteriormente, salieron los conductores a la entrada DC del inversor recolectado la energía producida.

Los módulos fotovoltaicos se situaron sobre herrajes de aluminio, específicamente diseñados para la sujeción de paneles solares y se fijaron sobre el techo del hotel, justamente en la estructura metálica que cuenta con una cubierta de teja española. Los herrajes mencionados proporcionaron un nivel exacto y la inclinación correcta entre los paneles fotovoltaicos, tomando en cuenta que el techo de teja española tiene una inclinación de 20 grados; esta inclinación ayuda a que, en tiempo de lluvia, el agua no se estanke o se quede en la superficie del panel fotovoltaico. En la Tabla 6 se detallan los herrajes que se usaron en la instalación de los paneles fotovoltaicos. Además, en la Figuras 3 y 4 se observa el resultado de la instalación de los paneles con la fijación de los herrajes. Para la conexión de las cadenas de paneles solares, se utilizó cable solar AWG calibre 10, desde los paneles solares hasta el string box, donde se conectaron a los tres breakers de 2 polos 20A DC y para luego conectarse al inversor off grid (Figura 4).

El número de paneles solares conectado en serie se determinó de acuerdo al voltaje de vacío (Voc) del módulo solar y del inversor a utilizar. Para este caso, se dimensionó cuatro paneles solares, cada uno tiene un voltaje Voc de 46.1 V, con un total de Voc generado de 184.4 V que es menor que el Voc del inversor, cuyo valor es 250 V y mayor de los 60 VDC que necesita el equipo para su funcionamiento en condiciones normales. sin generar alarmas o condición de falla en el equipo.

### Tabla 6

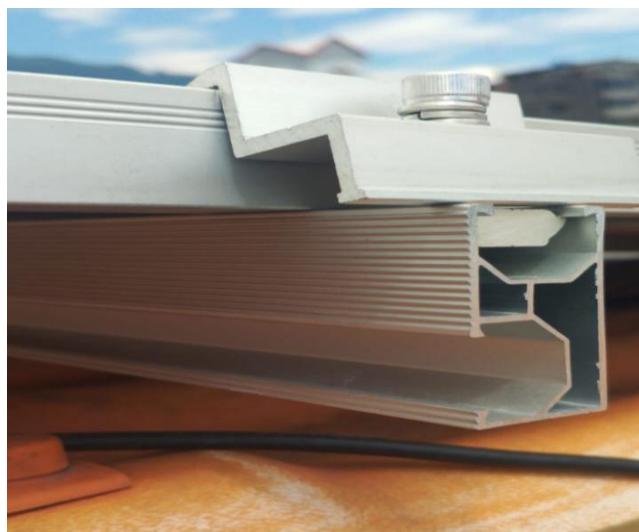
Accesorios eléctricos y herrajes.

| <b>Accesorios eléctricos y herrajes</b> |                 |
|---|-----------------|
| <b>Descripción</b>                      | <b>Cantidad</b> |
| MC4 1-1                                 | 4 unidades      |
| Cable Solar #10 AWG                     | 100 metros      |
| Riel                                    | 10 unidades     |
| MidClamp                                | 48 unidades     |
| EndCland,                               | 16 unidades     |
| Soporte L                               | 24 unidades     |
| Sistema de protecciones eléctricas      | 3 unidades      |
| Tornillo autoperforante                 | 48 unidades     |

Fuente: autoría propia.

### Figura 3

Armado de herrajes.



Fuente: autoría propia.

**Figura 4**

*Instalación de paneles solares.*



Fuente: autoría propia.

Las baterías de plomo-ácido de gel AGM tecnigreen solar de 150Ah (Tabla 7) se seleccionaron por su capacidad de almacenamiento, durabilidad y bajo mantenimiento. El inversor híbrido off grid (Tabla 8) fue elegido por su capacidad para gestionar el voltaje proveniente de los módulos solares y las baterías, así como por su compatibilidad con la red eléctrica. Tanto la marca de baterías e inversor son de gran aceptación en el mercado nacional por su costo, confiabilidad y garantía.

**Figura 5**

*Caja de protección de paneles DC (string box).*



Fuente: autoría propia.

**Tabla 7**

Características generales de la batería TECNIGREEN SOLAR AGM 12VDC 150AH.

| <b>Batería Tecnigreen AGM</b> | <b>12VDC 150AH</b>             |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Voltaje                       | 12 V                           |
| Capacidad                     | 150Ah                          |
| Tipo                          | AGM                            |
| Marca                         | Tecnigreen                     |
| Capacidad nominal             | 150Ah (10hr @1.8V/celda, 25°C) |
| Máximo de Corriente descarga  | 1500A (5s)                     |
| Corriente de carga            | 45A                            |
| Ciclo de uso                  | 14,4V - 15,0V                  |
| Ciclo en pausa                | 13,5V - 13,8V                  |
| Garantía                      | 1 año                          |
| Peso                          | 42 kg                          |
| Dimensiones en cm             | 48.4 L X 17 A X 24 H           |

Fuente: información tomada de CROPER (2025).

Para el montaje de los bancos de baterías se adecuó una rampa en un tragaluz del edificio donde se instalaron las 8 baterías. Estos bancos están compuestos por dos grupos de cuatro baterías cada uno; cada grupo se conecta en serie y, a su vez, los dos grupos se interconectan en paralelo. Para esto, se emplearon conductores unipolares de cobre número 4 AWG con una capacidad de almacenamiento de cada banco de 7200 Wh a 48 VDC con un total de 14400 wh o 14.4 kWh de energía acumulada como sistema de respaldo en ausencia de la energía de la red pública y solar. De esta forma, se obtuvieron dos bancos de baterías de 48 VDC que es el voltaje de operación del inversor y razón de su conexión, como se ilustra en la Figura 6. Ya conformados los bancos de baterías, se procedió a conectar las baterías a la caja de protecciones de las baterías que consta de un breaker DC de dos polos y 100 A de capacidad y de ahí a las entradas DC de baterías del Inversor.

**Tabla 8**

Características del inversor híbrido off-grid desconectado a la red.

| <b>Inversor must PV3600</b>                   |                              |
|---|------------------------------|
| <b>Características Generales - Eléctricas</b> | <b>Modelo PV35-10048 TLV</b> |
| Operating Temperature                         | 0° c =+45 °C                 |
| Protection class                              | Class I                      |
| Protection degree                             | IP 20                        |
| Rated power                                   | 10000 W                      |
| DC input                                      | 48 VDC.242.3 <sup>a</sup>    |
| AC Output                                     | 110/220 VAC 60Hz             |
| AC Input                                      | 220vac 60Hz 100 <sup>a</sup> |
| Dc output                                     | 48 VDC 70 <sup>a</sup>       |

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| Rated Current            | 100 <sup>a</sup> |
| System Voltage           | 48 VDC           |
| MPPT voltaje range       | 60-235 VDC       |
| Max. Solar voltaje (VOC) | 250 V            |
| Max. Charger current     | 170 A            |

Fuente: información tomada de CROPER (2025).

El inversor híbrido off-grid desconectado de red es el dispositivo encargado de transformar la corriente continua producida por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna. Este alimenta las cargas del hotel y está anclado a la pared de hormigón. Además, todas las protecciones se encuentran ancladas en la misma pared, en cajas sobrepuertas moldeadas para las protecciones de cada uno de los tramos de cable que ingresan y salen del inversor.

El inversor seleccionado fue de 10kW, considerando que la potencia pico del sistema fotovoltaico, conformado por los 12 paneles solares es de 6900 W, permitirá cubrir picos de generación sin afectar la vida útil del inversor en condiciones de sobrecarga. La capacidad del equipo permitirá una posible expansión del sistema fotovoltaico a futuro, un string o cadena como los instalados.

## Figura 6

Sección de conexión de entrada de batería.



Fuente: autoría propia.

El sistema eléctrico en corriente alterna (AC) abarcará, desde la salida monofásica de 220 V del inversor hasta el punto de conexión a la red de bajo voltaje, donde se inyectará la potencia generada por los módulos fotovoltaicos; esta ha sido convertida a corriente alterna por el inversor híbrido off-grid. Además, se incluirá un tramo de cable concéntrico de 8 AWG con 4 hilos (F+F+N+T), que servirá para alimentar el inversor desde la red de la empresa eléctrica pública. Este circuito funcionará en corriente alterna y su instalación será distinta a la de los tramos diseñados previamente, sin dejar a un lado todas las protecciones que por normativa se aplican.

Chiliqinga Taipe, J. Imbaquingo Imbaquingo, G. y Sampedro Chiliqinga, A. (2025). Implementación de un sistema fotovoltaico híbrido desconectado de la red para la demanda energética de un hotel. *Revista Cotopaxi Tech*, 5(1), 124-141.  
<http://ojs.isuc.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/174>  
 enero - junio (2025) ISSN 2806-5573

Con lo expuesto anteriormente, se procedió a conectar el tramo de salida de corriente alterna que provino del inversor híbrido off-grid a las protecciones breaker de 32 amperios 2 polos correspondientes a la línea 1, línea 2 y el neutro del inversor. Luego de la salida de las protecciones, se dirigió el cableado hasta la entrada de la transferencia manual de 63 amperios, instalada en la caja de distribución eléctrica (Figura 7). Luego de la salida de la transferencia manual, se llegará a los breakeres principales de la caja de distribución principal del hotel.

De igual manera, se realizará una conexión desde el medidor principal a la transferencia manual, para realizar la maniobra, en caso de ser necesario, por mantenimiento del sistema fotovoltaico o por fallas eléctricas, evitando la suspensión del suministro eléctrico hacia el hotel. Hay que recalcar que el neutro del equipo no es común con el neutro de la red eléctrica.

### Figura 7

Caja de distribución eléctrica.

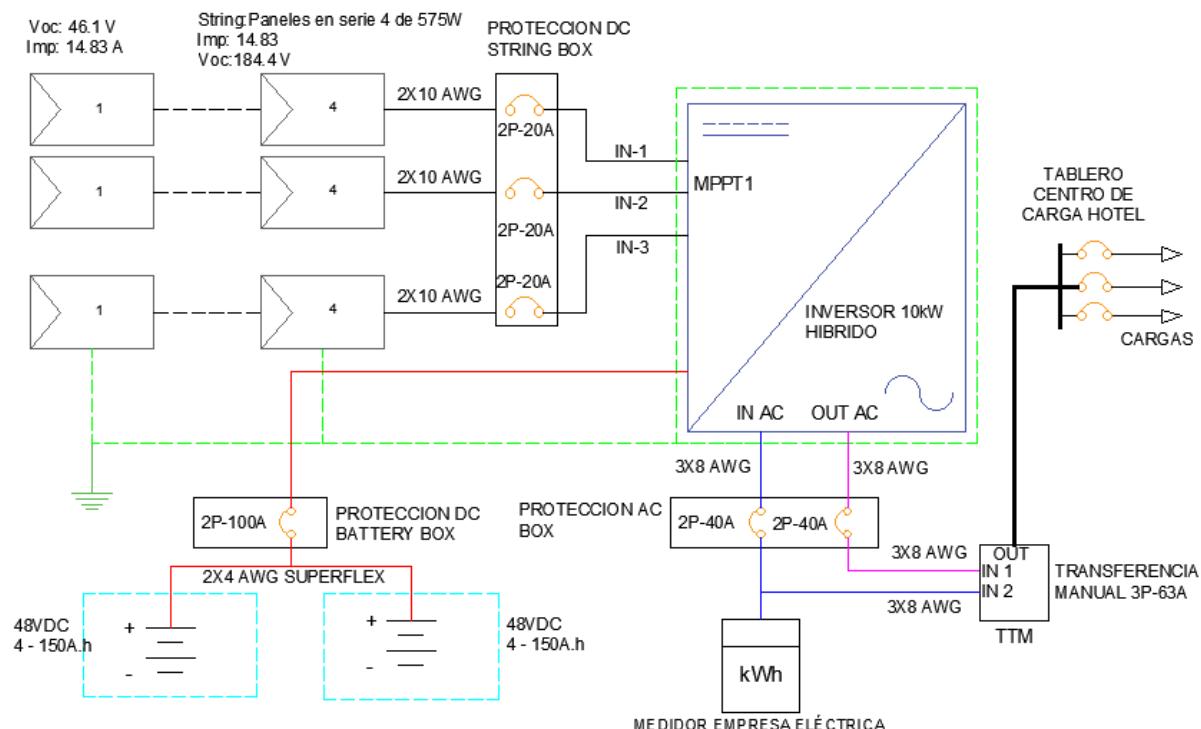


Fuente: autoría propia.

A continuación, se presenta el diagrama unifilar del sistema eléctrico en general implementado, tanto para las entradas y salidas de corriente alterna al inversor híbrido, entradas de corriente continua (DC) de los paneles solares, entradas de corriente continua del banco de baterías y conexión con la transferencia manual.

**Figura 8**

Imagen de diagrama unifilar.



Fuente: autoría propia.

Una vez completada la instalación, se realizaron pruebas de funcionamiento para verificar el correcto desempeño del sistema. Primero, se midieron parámetros como el voltaje, la corriente, la potencia y la eficiencia de cada componente. Luego, se simularon diferentes condiciones de carga y radiación solar para evaluar la respuesta del sistema y su capacidad; con el fin de ajustarse a los cambios en la demanda de energía y la disponibilidad solar.

### 3. RESULTADOS

Como resultados, se determinó que, para cubrir el 100% de la energía requerida por el hotel, se necesitaban 16 paneles solares. Sin embargo, debido a razones económicas, se instalaron 12 paneles policristalinos Trinasolar Modelo TSM-575DE19R 575W.

Los 12 paneles se instalaron en la terraza del hotel, ocupando un área de 37.27 m<sup>2</sup>. La instalación se realizó sobre una estructura metálica con cubierta de teja española, con una inclinación de 20 grados. Los paneles se conectaron en tres cadenas (string) de cuatro en serie; los tres grupos se interconectaron en paralelo para obtener una potencia pico instalada total de 6900 W, con un inversor monofásico de 10 kW con sus respectivas protecciones en corriente alterna y corriente continua.

Para la instalación, se utilizaron herrajes de anclaje de aluminio, diseñados específicamente para la sujeción de paneles solares. Estos herrajes se fijaron sobre el techo del hotel, proporcionando un nivel perfecto y la inclinación correcta entre los paneles fotovoltaicos. El consumo energético del hotel, tomando en cuenta un rango de 4 horas de uso del sistema (considerando los cortes energéticos en la zona), se calculó en 42.5 kWh.

**Análisis de la energía anual generada por el sistema fotovoltaico y consumida por el SE.** Con la instalación de los 12 paneles, se estima cubrir al menos el 50% de la energía requerida por el hotel. La estimación de producción energética del sistema fotovoltaico híbrido se lo realizó mediante la herramienta computacional SAM (System Advisor Model) versión SAM 2025.4.16, que utiliza la versión actual de la NSRDB (The National Solar Radiation Database) y ofrece a los usuarios los últimos datos disponibles (1998-2014). La NSRDB comprende datos solares y meteorológicos SAM Downloaded Weather.

### Figura 9

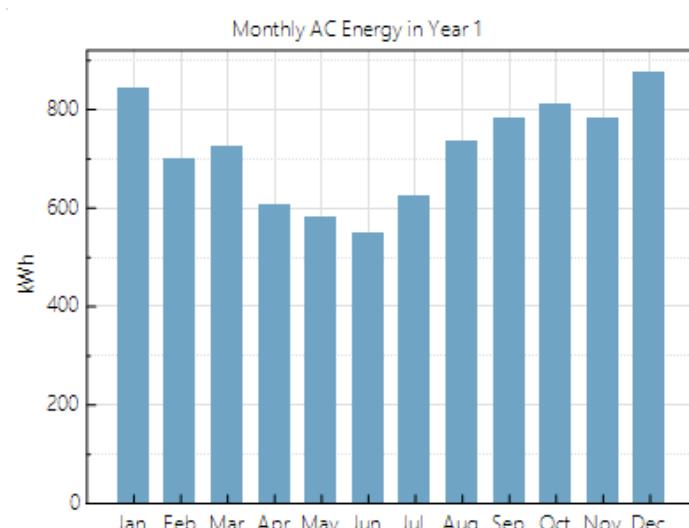
Resumen de resultados de la energía anual producida por el sistema fotovoltaico en SAM.

| Metric                       | Value        |
|------------------------------|--------------|
| Annual AC energy in Year 1   | 8,615 kWh    |
| DC capacity factor in Year 1 | 14.2%        |
| Energy yield in Year 1       | 1,247 kWh/kW |
| Performance ratio in Year 1  | 0.69         |

Fuente: autoría propia.

### Figura 10

Energía mensual producida por el sistema fotovoltaico en SAM.



Fuente: autoría propia.

En la Figura 10, se puede observar la energía producida en forma mensual por el sistema fotovoltaico; se aprecia los meses de mayor producción que corresponden a diciembre y enero y los meses de menor generación en mayo y junio. Estos meses deben ser considerados para la programación de los mantenimientos.

De acuerdo a la Tabla 4, el requerimiento energético diario del sistema eléctrico del hotel es aproximadamente 42,66 kWh/día de la red pública, que significa un consumo mensual de 1276.8 kWh/mes y al año el consumo es de 15321.6 kWh/año. Este valor es parecido al que se refleja en la planilla de consumo emitido por la empresa eléctrica distribuidora.

Con la información obtenida de la proyección de la energía producida por el sistema fotovoltaico de 8615 kWh/año y la proyección de energía que demanda el hotel de la empresa eléctrica de 15321.6 kWh/año, se evidencia que el sistema propuesto permitirá autoabastecer el requerimiento energético del hotel en forma parcial. En este sentido, no es suficiente para su autonomía total de la red pública, siendo 6706.6 kWh/año que deben seguir siendo consumidos por la energía tradicional. Sin embargo, se evidencia el notable ahorro energético que experimentará el hotel por la implementación de su sistema fotovoltaico que se reflejará en la reducción del pago de la planilla, obteniendo además un sistema eléctrico confiable y con continuidad de servicio eléctrico gracias al sistema de almacenamiento de energía en baterías cuando se presente suspensión del servicio eléctrico debido a salidas programadas y no programadas de la red pública.

**Análisis económico.** Para el análisis económico, se consideró la inversión realizada para la implementación del sistema fotovoltaico off grid híbrido. La inversión es de aproximadamente 12000 dólares, que corresponde a su valoración en materiales y mano de obra con precios acorde al mercado ecuatoriano. Esto equivale a una relación de 1200 USD/kWp instalado. Adicional, se considera que el valor de la tarifa comercial sin demanda que está vigente en Ecuador es de 0.081 USD/kWh emitida por el Arconel para el 2025. Finalmente, se realiza la valoración de la energía proyectada que generaría el sistema fotovoltaico y la energía consumida de la red pública estimada en el año por el hotel. A continuación, se presenta el resumen del análisis económico considerando, el ahorro anual, VAN, TIR y periodo de recuperación, bajo criterios técnicos y financieros estándar.

El ahorro anual, considerando los 8.615 kWh/año que produce el sistema fotovoltaico a la tarifa establecida, se obtendría un valor de 697.82 USD/año, que representaría un abastecimiento en energía anual del 56,2% del consumo total.

Para el cálculo del VAN, se considera la vida útil promedio de los sistemas fotovoltaicos de 25 años, con una tasa de descuento del 10% anual y un rubro para operación y mantenimiento del 10% del valor de la inversión. Esto genera un flujo de caja neto anual de 577,82 USD/año, obteniéndose un VAN de negativo de 6753.7 USD, lo que demuestra que financieramente no es rentable. De esta manera, se ratifica una TIR que sale aproximadamente 1%, menor al 10% recomendado.

Para el tiempo de recuperación se considera la inversión y el ahorro anual neto. Esto se obtendrá en 17.2 años sin considerar el rubro de operación y mantenimiento, mientras que se demora 20.8 años teniendo en cuenta estos rubros.

#### **4. DISCUSIÓN**

La implementación de un sistema fotovoltaico híbrido desconectado de la red en un hotel de Quito presenta varias ventajas y consideraciones:

- Reducción de la dependencia energética. El sistema fotovoltaico permite reducir la dependencia del hotel de la red eléctrica convencional, especialmente durante los cortes energéticos que afectan la zona. Al cubrir la mayor parte de la demanda energética, el hotel puede mantener sus operaciones básicas y reducir su vulnerabilidad ante interrupciones en el suministro eléctrico.

- Aprovechamiento de la energía solar de la ciudad de Quito que cuenta con un promedio anual de 4.52 kWh/m<sup>2</sup> de radiación solar, lo que la convierte en una ubicación favorable para la generación de energía fotovoltaica. La inclinación de 20 grados del techo de teja española facilita la captación de energía solar y evita el estancamiento de agua durante las lluvias.

- La decisión de instalar 12 paneles en lugar de los 16 inicialmente calculados se debió a razones económicas. Si bien esto reduce la cobertura de la demanda energética, sigue siendo una inversión no rentable para el hotel, pero sí una solución técnica para los problemas de abastecimiento y aprovechamiento del potencial solar de la zona, que se reflejará en una disminución de sus costos de electricidad y contribuye a la sostenibilidad ambiental.

- La conexión tradicional de los paneles en grupos de cuatro en serie y luego en paralelo, permite optimizar la producción de energía y facilita la gestión del sistema para aprovechar en forma adecuada la radiación solar. Sin embargo, es importante asegurar que esta configuración cumpla con las normativas de seguridad eléctrica y las recomendaciones del fabricante.

#### **5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES**

El diseño e implementación de un sistema fotovoltaico híbrido desconectado de la red en un hotel en Quito demostró ser factible y beneficioso. A pesar de las limitaciones económicas que llevaron a la instalación de 12 paneles en lugar de los 16 calculados, el sistema logra cubrir una parte significativa de la demanda energética del hotel, reduciendo su dependencia de la red eléctrica convencional y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

Bajo las condiciones económicas actuales, el proyecto fotovoltaico presenta un Valor Actual Neto (VAN) negativo y una Tasa Interna de Retorno (TIR) considerablemente inferior a la tasa mínima de aceptación. Esto evidencia que, desde un punto de vista estrictamente económico, el proyecto no resulta

financieramente viable. Su implementación únicamente se justificaría desde un enfoque ambiental, de seguridad energética o ante un incremento significativo de la tarifa eléctrica o incentivos estatales a nivel de Ecuador.

Finalmente, se recomienda realizar un seguimiento continuo del desempeño del sistema, monitoreando la producción de energía y el consumo energético del hotel, para evaluar su eficiencia y rentabilidad a largo plazo. Así mismo, se sugiere considerar la posibilidad de ampliar la capacidad del sistema en el futuro, instalando paneles adicionales para cubrir una mayor proporción de la demanda energética del hotel.

## 6. REFERENCIAS

- CROPER. (2024). *CROPER.COM*. <https://croper.com/products/9623-bateria-solar-12v-150ah-agm-recargable-tecnigreen>.
- ENERGYTEC. (2024). *Energytec*. <https://energytec.es/placas-solares/673-panel-jam66d42-575mb.html>
- Martínez, M. (2022).  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22810/1/UPS-GT003826.pdf>
- Mosquera, D. (2023).  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24672/1/UPS-GT004266.pdf>
- NASA. (2025). *NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources*.  
<https://power.larc.nasa.gov/>
- Nazareno, J. (2021).  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21327/1/UPS-GT003495.pdf>
- PLAK, S. (2024). *SOLAR PLAK*. <https://solarplak.es/energia/que-es-un-inversor-hibrido-en-energia-solar/>
- Solar, A. (2025). *AUTO SOLAR*. <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-son-las-baterias-secas-agm-y-gel>
- Yépez, A., & Flores, J. (2024). *Repositorio institucional UPS*.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28221/1/UPS-GT005532.pdf>
- YUBOX. (2025). *YUBOX*. <https://yubox.com/yuboxcloud/>
- Chiliqinga Taipe, J. Imbaquingo Imbaquingo, G. y Sampedro Chiliqinga, A. (2025). Implementación de un sistema fotovoltaico híbrido desconectado de la red para la demanda energética de un hotel. *Revista Cotopaxi Tech*, 5(1), 124-141.  
<http://ojs.isuc.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/174>  
enero - junio (2025) ISSN 2806-5573