



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Facultad de Ciencia y Tecnología
Tecnología Superior en Electricidad

**Diseño de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento eléctrico del
Aeropuerto José de Villamil, del cantón Isabela**

Trabajo previo a la obtención del título de Tecnólogo/a Superior en Electricidad

Autor:

Stanley David Luzón Herrera

Director:

Ing. Efrén Fernández Palomeque

Cuenca-Ecuador

2026

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada etapa de mi vida, permitiéndome alcanzar este logro profesional. De igual forma, a mis hijos, Emiliano y Milán, quienes representan mi mayor motivación y el motor que impulsa cada uno de mis esfuerzos. Este título es también para ustedes, como ejemplo de constancia, dedicación y superación, con la esperanza de que siempre persigan sus sueños con determinación. A mi esposa y mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y confianza a lo largo de este proceso, siendo un pilar fundamental en mi formación personal y profesional.

Este logro alcanzado simboliza no solo el cumplimiento de una meta académica, sino también el compromiso de seguir creciendo y aportando con responsabilidad y conocimiento a la sociedad.

AGRADECIMIENTOS.

Primeramente, a Dios, por brindarme la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar con éxito esta etapa académica. A la Universidad del Azuay, por haberme proporcionado la formación académica y técnica necesaria para el desarrollo de mis competencias profesionales, así como por facilitar los recursos y espacios adecuados para la realización de este trabajo de titulación. De igual forma, a todos los docentes quienes formaron parte de mi proceso académico, por su guía, orientación y acompañamiento constante, aportando con sus conocimientos y experiencia para el cumplimiento de los objetivos planteados.

RESUMEN.

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo diseñar un sistema fotovoltaico para el abastecimiento eléctrico del Aeropuerto José de Villamil, ubicado en el cantón Isabela, provincia de Galápagos, bajo el esquema de Sistema de Generación Distribuida para Autoconsumo (SGDA). El proyecto surge ante la necesidad de optimizar el consumo energético del aeropuerto y reducir su dependencia de la red eléctrica pública durante las horas diurnas. La metodología empleada corresponde a un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y diseño no experimental, basado en el análisis de la demanda energética, la evaluación del recurso solar disponible y el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico. Se consideró el uso de un sistema conectado a la red eléctrica (on-grid), sin almacenamiento en baterías, donde la energía generada es utilizada directamente por la instalación y la red actúa como respaldo.

Palabras clave: energía solar, sistema fotovoltaico, generación distribuida, autoconsumo, eficiencia energética.

ABSTRACT.

This degree project aims to design a photovoltaic system for the electrical supply of José Villamil Airport, located in Isabela Canton, Galápagos Province, under the Distributed Generation System for Self-Consumption (SGDA) scheme. The project arises from the need to optimize the airport's energy consumption and reduce its dependence on the public electrical grid during daytime hours.

The methodology used follows a quantitative approach, with an applied and non-experimental design, based on the analysis of energy demand, evaluation of the available solar resource, and technical sizing of the photovoltaic system. A grid-connected (on-grid) system without battery storage was considered, where the generated energy is directly consumed by the facility and the grid acts as a backup.

As a result, a technical design is obtained that allows estimating the energy production of the photovoltaic system and its contribution to reducing conventional energy consumption. It is concluded that the implementation of such systems improves energy efficiency, promotes the use of renewable resources, and supports sustainable development in public infrastructure.

Keywords: solar energy, photovoltaic system, distributed generation, self-consumption, energy efficiency.

Tabla de contenido

RESUMEN.	iii
ABSTRACT.	iv
1. Introducción	1
1.1 Contexto	1
1.2 Problemática.....	2
1.3 Justificación	3
2. Marco teórico.	5
2.1. Energía solar fotovoltaica.	5
2.2. Sistema fotovoltaico.	5
2.3. Sistemas fotovoltaicos conectados a red (on-grid).	5
2.4. Sistema de Generación Distribuida para Autoconsumo (SGDA).	5
2.5. Inversor fotovoltaico.....	6
2.6. Autoconsumo energético.....	6
2.7. Recurso solar.....	6
2.8. Eficiencia energética.	6
2.9. Normativa para generación distribuida.....	7
3. Objetivos	7
3.1. General	7
3.2. Objetivos Específicos	7
4. Alcance y Delimitaciones del Proyecto	8
4.1. Alcance del Proyecto.....	8
4.2. Delimitación del proyecto.	8
4.2.1. Delimitación técnica:.....	8
4.2.3. Delimitación geográfica:.....	8

4.2.3. Delimitación temporal:	8
4.2.4. Delimitación operativa:	9
5. Materiales y Metodología.....	9
5.1. Materiales	9
5.1.1. Materiales tecnológicos.	9
5.1.2. Material de información.	9
5.1.3 Herramientas.	9
5.2. Metodología.	9
5.2.1 Levantamiento de información.....	10
5.2.2 Análisis de la demanda energética.	10
5.2.3 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	10
5.2.4. Diseño técnico del sistema	10
5.2.5. Evaluación del sistema	10
6. Desarrollo del proyecto.	10
6.1 Descripción del emplazamiento.	11
6.2. Dimensionamiento de módulos fotovoltaicos.....	12
6.3. Cálculo de la Potencia Máxima Inyectable	13
6.4. Cálculo de número de paneles.	14
6.5. Dimensionamiento del Inversor.	16
6.6. Potencia del inversor AC/DC.	17
6.7. Arreglo de cadenas fotovoltaicas.	18
6.8. Conductores.....	19
6.9. Protecciones.	21
6.9.1 Protección para los módulos fotovoltaicos.	21
6.9.2 Protección para la salida del inversor.	23
6.10. Cálculo del consumo energético requerido.	23
6.11. Diagrama unifilar.....	26
6.12. Plano de Implantación en sitio.	27

6.13. Oferta Económica.....	28
7. Resultados.	29
8. Conclusiones.	29
9. Referencias	30
10. Anexos	31

Índice de tablas

Tabla 1 Sección calculada y sección comercial seleccionada para los conductores.....	21
Tabla 2 Consumo eléctrico mensual y promedio (últimos 3 meses)	24
Tabla 3 Resultados de simulación de producción energética e irradiancia del sistema fotovoltaico obtenidos mediante PVGIS	25
Tabla 4 Oferta económica con instalación.....	28

Índice de figuras

Figura 1. Aeropuerto José de Villamil, Isla Isabela – Galápagos.....	2
Figura 2. Vista aérea del emplazamiento de Puerto Villamil, Isabela, Galápagos: ubicación y acceso a la infraestructura.....	11
Figura 3. Cubierta del edificio en el Aeropuerto José de Villamil	12
Figura 4. Medidor bifásico con número de serie 1709016134 y acometida eléctrica.	13
Figura 5. Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico VERTEX TSM-NE19R	14
Figura 6. Especificaciones técnicas de los inversores GROWATT serie MIN TL-X2.....	16
Figura 7 Interruptor termomagnético en corriente continua (DC) 1000v - 20A	22
Figura 8 Interruptor termomagnético AC 2P, 63A, 10kA, curva C, modelo Easy9 EZ9F56263	23
Figura 9 Facturas de consumo eléctrico enero a marzo – Cliente GAD Municipal de Isabela, medidor N° 1709016134.	24
Figura 10 Diagrama unifilar del diseño del proyecto.	26
Figura 11 Disposición de módulos fotovoltaicos en cubierta considerando dimensiones disponibles y área útil de instalación.	27

Índice de anexos

ANEXO 1 Ficha técnica de módulos fotovoltaicos (VERTEX TSM-NE19R 625WP).....	31
ANEXO 2 Fichas técnicas del inversor fotovoltaico (GROWATT MIN 10000TL-X2)	32
ANEXO 3 Fichas técnicas de conductores eléctricos (DC y AC utilizados en el diseño) ..	34
ANEXO 4 Boletín técnico de cables fotovoltaicos.	35
ANEXO 5 Plano de implantación del sistema fotovoltaico en cubierta.....	43
ANEXO 6 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico.	44
ANEXO 7 Resultados completos de simulación PVGIS (reportes detallados).	45
ANEXO 8 Facturas de consumo eléctrico del sitio (enero, febrero y marzo respectivamente).....	46

1. Introducción

1.1 Contexto

El acceso a energía eléctrica confiable y eficiente es un elemento fundamental para el desarrollo de actividades productivas, sociales y de servicios, especialmente en infraestructuras estratégicas como los aeropuertos. A nivel global, el incremento de la demanda energética y la necesidad de reducir el impacto ambiental han impulsado la transición hacia fuentes de energía renovable, destacándose la energía solar fotovoltaica como una alternativa viable y sostenible. (Duffie & Beckman, 2013; International Energy Agency, 2022).

En el Ecuador, el sector eléctrico ha experimentado avances orientados a la diversificación de la matriz energética y al fomento de la generación distribuida, promoviendo el uso de sistemas de autoconsumo basados en fuentes renovables. Estas iniciativas buscan optimizar el consumo de energía, reducir la dependencia de fuentes convencionales y contribuir al desarrollo sostenible del país. (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2021).

En la provincia de Galápagos, estas necesidades adquieren mayor relevancia debido a su condición geográfica insular y a la fragilidad de su ecosistema, reconocido a nivel mundial por su biodiversidad. La generación eléctrica en este territorio presenta desafíos asociados a los costos de producción, el transporte de combustibles y las restricciones ambientales, lo que hace indispensable la implementación de soluciones energéticas limpias y eficientes. (International Energy Agency, 2022).

El Aeropuerto José de Villamil, ubicado en el cantón Isabela, constituye una infraestructura clave para la conectividad aérea, el turismo y el desarrollo económico local. Su operación requiere un suministro constante de energía eléctrica para garantizar el funcionamiento de sistemas de iluminación, comunicaciones, seguridad y servicios generales. Actualmente, el aeropuerto depende del suministro de la red eléctrica pública, lo que implica costos operativos y una dependencia de fuentes energéticas convencionales.

En este contexto, la implementación de un sistema fotovoltaico orientado al autoconsumo se presenta como una alternativa técnica viable para aprovechar el recurso solar disponible en la zona, especialmente durante las horas diurnas, permitiendo reducir el consumo de energía proveniente de la red eléctrica. Este tipo de solución se enmarca dentro de los Sistemas de Generación Distribuida para Autoconsumo (SGDA), los cuales permiten generar energía en el mismo punto de consumo, mejorando la eficiencia energética y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental. (ARCERNNR, 2020; Masters, 2013).

Desde el punto de vista tecnológico, los sistemas fotovoltaicos conectados a red sin almacenamiento representan una solución eficiente y de menor complejidad operativa, al utilizar inversores sincronizados con la red eléctrica, lo que facilita su integración en infraestructuras existentes. (Villalva & Gazoli, 2009). En este sentido, el presente proyecto se desarrolla en un contexto donde convergen necesidades energéticas, restricciones ambientales y oportunidades tecnológicas, orientadas a la implementación de soluciones sostenibles en el cantón Isabela.



Figura 1.

Aeropuerto José de Villamil, Isla Isabela – Galápagos

Fuente: Elaboración propia.

1.2 Problemática

El Aeropuerto José de Villamil, ubicado en el cantón Isabela, constituye una infraestructura estratégica para la conectividad, el turismo y el desarrollo económico de la provincia de Galápagos. Su operación depende de un suministro continuo de energía eléctrica para el funcionamiento de sistemas de iluminación, comunicaciones, seguridad y servicios

generales. Sin embargo, actualmente el aeropuerto depende en su totalidad de la red eléctrica pública para cubrir su demanda energética.

Esta dependencia genera diversas limitaciones, entre las que se destacan el incremento de los costos operativos asociados al consumo eléctrico, así como la utilización indirecta de fuentes de generación convencionales que pueden tener impactos ambientales negativos. En el contexto de Galápagos, donde la conservación del entorno natural es prioritaria, resulta necesario promover soluciones energéticas que reduzcan la presión sobre los sistemas tradicionales de generación eléctrica. (International Energy Agency, 2022).

Adicionalmente, el desaprovechamiento del recurso solar disponible en la zona representa una oportunidad no utilizada para optimizar el consumo energético del aeropuerto. El cantón Isabela cuenta con condiciones favorables de radiación solar durante gran parte del año, lo que permite considerar la implementación de sistemas fotovoltaicos como una alternativa viable. (Duffie & Beckman, 2013).

En este sentido, surge la necesidad de diseñar una solución técnica que permita reducir la dependencia de la red eléctrica pública durante las horas diurnas, aprovechando la energía solar mediante un Sistema de Generación Distribuida para Autoconsumo (SGDA) de tipo fotovoltaico, conectado a la red y sin almacenamiento energético. Por lo tanto, el problema de investigación se centra en la siguiente interrogante:

¿Cómo diseñar un sistema fotovoltaico para autoconsumo que permita abastecer parcialmente la demanda eléctrica diurna del Aeropuerto José de Villamil, optimizando el consumo de energía y reduciendo la dependencia de la red eléctrica pública?

1.3 Justificación

El presente proyecto se justifica desde los ámbitos técnico, ambiental, económico y social, al proponer una solución basada en el diseño de un Sistema de Generación Distribuida para Autoconsumo (SGDA) de tipo fotovoltaico, orientado a mejorar la eficiencia energética del Aeropuerto José de Villamil.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto permite aplicar conocimientos en sistemas fotovoltaicos para el diseño de una solución energética adaptada a las condiciones específicas del aeropuerto, considerando su demanda eléctrica y el recurso solar disponible. La implementación de un sistema on-grid sin almacenamiento facilita la integración con la infraestructura existente, reduciendo la complejidad operativa del sistema y optimizando su desempeño (Masters, 2013; Villalva & Gazoli, 2009).

En el ámbito ambiental, el proyecto contribuye a la reducción del consumo de energía proveniente de fuentes convencionales, lo que implica una disminución indirecta de emisiones contaminantes. Esto resulta especialmente relevante en la provincia de Galápagos, donde la conservación del ecosistema es una prioridad, promoviendo el uso de fuentes de energía limpias y sostenibles (International Energy Agency, 2022).

Desde la perspectiva económica, el aprovechamiento de la energía solar permite optimizar el consumo eléctrico durante las horas diurnas, lo que puede traducirse en una reducción de los costos asociados al uso de la red eléctrica pública. Además, al tratarse de un sistema sin baterías, se minimizan los costos de inversión y mantenimiento, lo que mejora la viabilidad económica del proyecto (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, 2019).

Finalmente, en el ámbito social, el proyecto promueve el uso de energías renovables en infraestructuras públicas, fomentando una cultura de sostenibilidad y sirviendo como referencia para futuras implementaciones en el cantón Isabela, en concordancia con las políticas de desarrollo energético sostenible del país (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2021).

En este contexto, el desarrollo del presente trabajo de titulación aporta una solución técnica viable y sostenible que contribuye al mejoramiento del uso de la energía eléctrica en el Aeropuerto José de Villamil.

2. Marco teórico.

2.1. Energía solar fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable que permite la conversión directa de la radiación solar en electricidad mediante el uso de celdas fotovoltaicas. Estas celdas están compuestas por materiales semiconductores que, al ser expuestos a la radiación solar, generan corriente eléctrica a través del efecto fotovoltaico (Duffie & Beckman, 2013). Este tipo de energía se caracteriza por ser limpia, inagotable y de bajo impacto ambiental, lo que la convierte en una alternativa viable frente a las fuentes de generación convencional, especialmente en zonas con alta disponibilidad de radiación solar (International Energy Agency [IEA], 2022).

2.2. Sistema fotovoltaico.

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de elementos diseñados para generar energía eléctrica a partir de la radiación solar. Sus principales componentes incluyen módulos fotovoltaicos, inversores, estructuras de soporte y sistemas de protección eléctrica (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables [INER], 2019).

Estos sistemas pueden clasificarse según su forma de operación en sistemas aislados (off-grid) y sistemas conectados a red (on-grid), dependiendo de si cuentan o no con conexión a la red eléctrica pública.

2.3. Sistemas fotovoltaicos conectados a red (on-grid).

Los sistemas fotovoltaicos on-grid son aquellos que operan en sincronización con la red eléctrica pública, permitiendo que la energía generada sea utilizada directamente por las cargas del usuario. En caso de que la generación no cubra la demanda, la red eléctrica complementa el suministro energético (Masters, 2013).

Estos sistemas no requieren almacenamiento en baterías, lo que reduce costos de inversión y mantenimiento, siendo una de las configuraciones más utilizadas en aplicaciones de autoconsumo.

2.4. Sistema de Generación Distribuida para Autoconsumo (SGDA).

La generación distribuida se refiere a la producción de energía eléctrica en puntos cercanos al lugar de consumo, lo que permite mejorar la eficiencia del sistema eléctrico y reducir

pérdidas en transmisión (Masters, 2013). En este contexto, los Sistemas de Generación Distribuida para Autoconsumo (SGDA) están diseñados para que la energía generada sea utilizada principalmente por el propio usuario.

En el Ecuador, los SGDA están regulados por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, la cual establece los lineamientos técnicos para su implementación y conexión a la red eléctrica (ARCERNNR, 2020).

2.5. Inversor fotovoltaico.

El inversor es un componente fundamental en los sistemas fotovoltaicos conectados a red, ya que convierte la corriente continua (DC) generada por los paneles solares en corriente alterna (AC), compatible con la red eléctrica y los equipos eléctricos del sistema. Además, permite la sincronización con la red y garantiza la calidad de la energía suministrada (Villalva & Gazoli, 2009).

2.6. Autoconsumo energético.

El autoconsumo energético consiste en la utilización directa de la energía generada por un sistema de generación distribuida en el mismo lugar donde se produce. Este enfoque permite reducir la dependencia de la red eléctrica, optimizar el consumo y disminuir los costos asociados al uso de energía (IEA, 2022).

2.7. Recurso solar.

El recurso solar hace referencia a la cantidad de radiación solar disponible en un determinado lugar, siendo un factor clave para el diseño de sistemas fotovoltaicos. Su análisis permite estimar la energía que puede generarse y evaluar la viabilidad técnica del sistema (Duffie & Beckman, 2013).

En zonas como la provincia de Galápagos, el recurso solar es favorable durante gran parte del año, lo que representa una oportunidad para la implementación de sistemas de generación fotovoltaica.

2.8. Eficiencia energética.

La eficiencia energética se refiere al uso óptimo de la energía para obtener el mismo servicio con un menor consumo. La implementación de sistemas fotovoltaicos para autoconsumo

contribuye a mejorar la eficiencia energética, al reducir el uso de energía proveniente de fuentes convencionales (INER, 2019).

2.9. Normativa para generación distribuida.

En el Ecuador, la implementación de sistemas de generación distribuida está regulada por organismos competentes que establecen requisitos técnicos y operativos para su integración a la red eléctrica. Estas normativas buscan garantizar la seguridad, confiabilidad y calidad del suministro eléctrico (ARCERNNR, 2020).

3. Objetivos.

3.1. General

- Diseñar un Sistema de Generación Distribuida para Autoconsumo (SGDA) de tipo fotovoltaico, conectado a la red eléctrica, destinado a abastecer parcialmente la demanda energética del Aeropuerto José de Villamil del cantón Isabela durante las horas diurnas.

3.2. Objetivos Específicos

- Analizar la demanda energética del Aeropuerto José de Villamil para determinar los requerimientos eléctricos que serán cubiertos mediante el Sistema de Generación Distribuida para Autoconsumo fotovoltaico.
- Dimensionar el sistema fotovoltaico on-grid para autoconsumo, considerando la radiación solar disponible, la potencia de los módulos, el inversor y las condiciones técnicas del sitio de instalación.
- Evaluar la viabilidad técnica y el aporte energético del SGDA, comparando la generación fotovoltaica estimada con el consumo diurno del aeropuerto y su interacción con la red eléctrica pública.

4. Alcance y Delimitaciones del Proyecto.

4.1. Alcance del Proyecto.

El presente trabajo de titulación tiene como alcance el diseño técnico de un sistema fotovoltaico bajo el esquema de Sistema de Generación Distribuida para Autoconsumo (SGDA) para el Aeropuerto José de Villamil, ubicado en el cantón Isabela.

El proyecto contempla:

- El levantamiento y análisis de la demanda energética diaria del aeropuerto.
- La evaluación del recurso solar disponible en la zona.
- El dimensionamiento del sistema fotovoltaico, incluyendo paneles solares, inversor on-grid y sistemas de protección eléctrica.
- La elaboración del diseño técnico, incluyendo diagramas y configuración del sistema.
- La estimación del aporte energético del sistema y su impacto en la reducción del consumo de la red eléctrica.
- El sistema propuesto estará orientado al autoconsumo, abasteciendo parcialmente la demanda energética durante el día, mientras que la red eléctrica pública actuará como respaldo.

4.2. Delimitación del proyecto.

El presente proyecto presenta las siguientes delimitaciones:

4.2.1. Delimitación técnica:

El diseño corresponde a un sistema fotovoltaico on-grid sin almacenamiento (sin baterías), basado en autoconsumo, sin considerar la inyección de energía a la red eléctrica pública.

4.2.2. Delimitación geográfica:

El estudio se desarrolla en el Aeropuerto José Villamil, ubicado en el cantón Isabela, provincia de Galápagos.

4.2.3. Delimitación temporal:

El análisis se basa en información disponible durante el período de desarrollo del trabajo de titulación, considerando datos representativos de consumo y radiación solar.

4.2.4. Delimitación operativa:

El proyecto se limita al diseño técnico del sistema, sin contemplar la implementación, instalación física ni puesta en operación del sistema fotovoltaico.

5. Materiales y Metodología.

5.1. Materiales

Para el desarrollo del presente trabajo de titulación se emplearon los siguientes materiales, orientados al diseño del Sistema de Generación Distribuida para Autoconsumo (SGDA) fotovoltaico:

5.1.1. Materiales tecnológicos.

- Módulos fotovoltaicos (paneles solares) para la generación de energía eléctrica.
- Inversor fotovoltaico tipo on-grid para la conversión de corriente continua a corriente alterna.
- Elementos de protección eléctrica (interruptores, fusibles y protecciones contra sobretensiones).
- Estructuras de soporte para la instalación de los módulos fotovoltaicos.

5.1.2. Material de información.

- Registros de consumo eléctrico del Aeropuerto José de Villamil.
- Datos de radiación solar del cantón Isabela.
- Normativa técnica nacional sobre generación distribuida.
- Bibliografía técnica y científica relacionada con sistemas fotovoltaicos.

5.1.3 Herramientas.

Hojas de cálculo para el análisis de datos y cálculos energéticos.

Software de simulación fotovoltaica PVGIS.

5.2. Metodología.

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo mediante las siguientes etapas:

5.2.1 Levantamiento de información.

Se recopiló información sobre el consumo eléctrico del aeropuerto, las cargas instaladas y las condiciones del sitio de implementación.

5.2.2 Análisis de la demanda energética.

Se evaluó el perfil de consumo eléctrico, identificando la demanda diurna que puede ser cubierta mediante el sistema fotovoltaico.

5.2.3 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

Se realizaron cálculos técnicos para determinar la capacidad del sistema, seleccionando los componentes principales como módulos e inversor.

5.2.4. Diseño técnico del sistema

Se elaboró la configuración del sistema, incluyendo diagramas, disposición de equipos y criterios de conexión a la red eléctrica.

5.2.5. Evaluación del sistema

Se estimó la energía generada por el sistema y su impacto en la reducción del consumo de la red eléctrica pública.

6. Desarrollo del proyecto.

6.1 Descripción del emplazamiento.

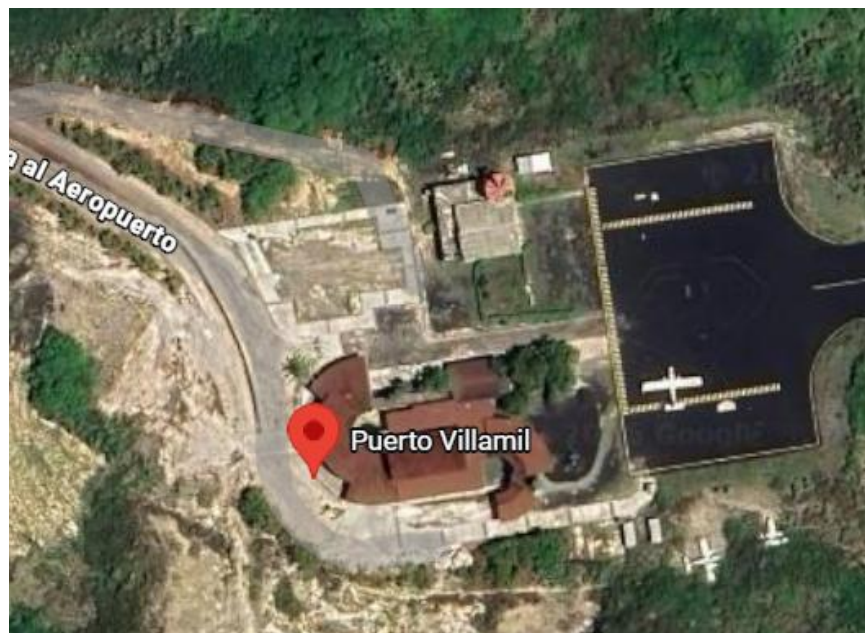


Figura 2.

Vista satelital del emplazamiento de Puerto Villamil, Isabela, Galápagos: ubicación y acceso a la infraestructura.

Fuente: Google Earth. (s.f.). Puerto Villamil, Isabela, Galápagos [Imagen aérea]. Recuperado de <https://earth.google.com>

En la figura 2 se presenta el emplazamiento correspondiente a Puerto Villamil, situado en la isla Isabela, dentro del archipiélago de Galápagos, Ecuador. El área está adyacente a un aeropuerto, lo que garantiza un fácil acceso al sitio. La topografía del terreno es predominantemente plana, y la edificación existente ofrece una cubierta adecuada para proyectos fotovoltaicos (ver figura 3).

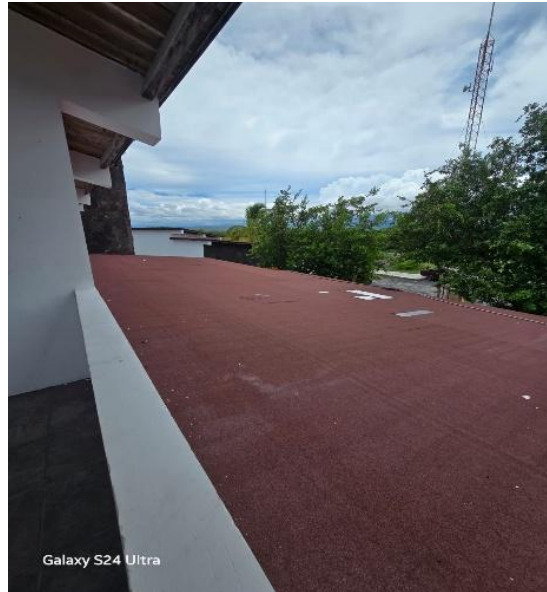


Figura 3.

Cubierta del edificio en el Aeropuerto José de Villamil

Fuente: Elaboración propia.

A partir del análisis del emplazamiento, se ha determinado que el espacio disponible para la instalación del proyecto fotovoltaico corresponde a la cubierta del edificio figura 3 que se muestra en la segunda imagen. Esta cubierta tiene unas dimensiones de 15 metros de largo por 6 metros de ancho, las cuales se consideran adecuadas para la instalación de paneles solares. El objetivo es aprovechar de manera eficiente la totalidad del área disponible, maximizando el uso del espacio sin necesidad de realizar modificaciones estructurales significativas en la edificación existente.

6.2. Dimensionamiento de módulos fotovoltaicos.

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, además del espacio disponible en la cubierta, se deberá considerar como factor limitante la capacidad de la acometida principal que alimenta el medidor. Dicha acometida es un cable antifraude de aluminio Serie 8000 XLPE/PVC 600 V, que tiene una corriente máxima permitida de 60 A. Este valor representa el límite de la generación que el sistema fotovoltaico puede alcanzar, para evitar el sobrecalentamiento del conductor, pérdidas de energía y el riesgo de un cortocircuito en las instalaciones.

El medidor de las instalaciones en el aeropuerto es de tipo bifásico, con número de serie 1709016134, y soporta un voltaje de 110/220 V. Con este valor, se puede determinar la potencia máxima que el sistema fotovoltaico puede inyectar sin exceder el límite de corriente de 60 A previamente establecido para la acometida.

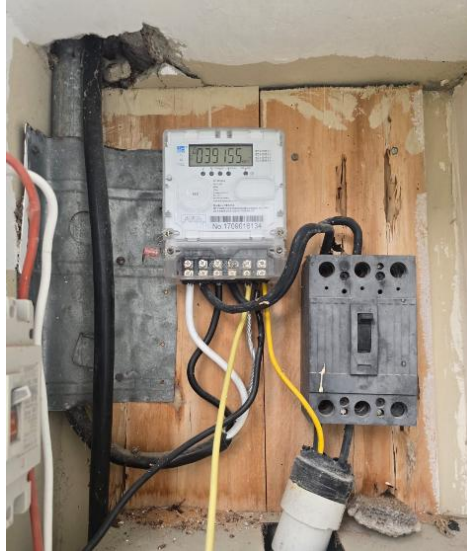


Figura 4.

Medidor bifásico con número de serie 1709016134 y acometida eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Cálculo de la Potencia Máxima Inyectable

Para determinar la potencia máxima que puede ser inyectada sin exceder la corriente máxima permitida de 60 A, se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{\text{máx}} = V_{\text{fase}} \cdot I \cdot fp$$

Donde:

- $P_{\text{máx}}$ es la potencia máxima que se puede inyectar (en vatios).
- V_{fase} es el voltaje entre fases, que es 220 V.
- I es la corriente máxima permitida, que es 60 A.
- fp es el factor de potencia (0,9)

Sustituyendo los valores en la fórmula:

$$P_{\text{máx}} = 220 \text{ V} \cdot 60 \text{ A} \cdot 0,9 = 11,880 \text{ W (o 11.88 kW)}$$

Por lo tanto, la potencia máxima que el sistema puede inyectar sin exceder el límite de corriente es 11.88 kW.

6.4. Cálculo de número de paneles.

Con el valor máximo de potencia determinado podemos determinar el número de paneles necesario para cubrir este parámetro.

El panel fotovoltaico seleccionado para el diseño es el VERTEX TSM-NE19R 625WP en la figura 3 Se detallan sus características siendo las más relevantes para el diseño las siguientes:

$$P_{m\acute{a}x} = 625 \text{ W}, U_{oc} = 49,8 \text{ V}, I_{sc} = 15,93 \text{ A}, U_{mpp} = 41,6 \text{ V}, I_{mpp} = 15 \text{ A}, \alpha = 0.04 \% / C^{\circ}, \beta = -0.24 \% / C^{\circ}.$$

ELECTRICAL DATA (STC)								MECHANICAL DATA	
Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	595	600	605	610	615	620	625	Solar Cells	N-type i-TOPCon Monocrystalline
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5							No. of cells	132 cells
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	40.0	40.3	40.5	40.8	41.1	41.4	41.6	Module Dimensions	2382*1134*30 mm (93.78*44.65*1.18 inches)
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	14.89	14.91	14.94	14.96	14.98	14.99	15.00	Weight	27.9kg (61.51 lb)
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	48.1	48.4	48.7	49.0	49.3	49.6	49.8	Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	15.76	15.80	15.83	15.86	15.89	15.91	15.93	Encapsulant material	POE/EVA
Module Efficiency η_m (%)	22.0	22.2	22.4	22.6	22.8	23.0	23.1	Backsheet	White
								Frame	30mm(1.18 inches) Anodized Aluminium Alloy
								J-Box	IP 68 rated
								Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²) Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
								Connector	MC4 EVO2 / TS4 Plus / TS4*
<small>*Please refer to regional datasheet for specified connector.</small>									
ELECTRICAL DATA (NOCT)				TEMPERATURE RATINGS		MAXIMUM RATINGS			
Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	454	459	462	466	470	474	477	NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	37.6	37.9	38.1	38.3	38.6	38.8	39.0	Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.29%/°C
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	12.07	12.11	12.13	12.16	12.19	12.20	12.21	Temperature Coefficient of V_{oc}	-0.24%/°C
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	45.7	46.0	46.2	46.5	46.8	47.1	47.3	Temperature Coefficient of I_{sc}	0.04%/°C
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	12.69	12.73	12.75	12.78	12.80	12.82	12.84		
<small>NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.</small>									
				WARRANTY		PACKAGING CONFIGURATION			
				12 year Product Workmanship Warranty		Modules per box: 36 pieces			
				25 year Power Warranty		Modules per 40' container: 720 pieces			
				1% first year degradation					
				0.4% Annual Power Attenuation					
<small>(Please refer to product warranty for details)</small>									

Figura 5.

Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico VERTEX TSM-NE19R

Fuente: Fotografía propia del Datasheet del fabricante (DT-M-0093 A

Datasheet_Vertex_NE19R_EN_2024_A_web_0).

En donde:

$P_{m\acute{a}x}$: Potencia maxima del módulo (W).

U_{oc} : Tensión de circuito abierto del módulo (V).

I_{sc} : Intensidad de cortocircuito del módulo (A)

U_{mpp} : Tensión máxima del módulo (V).

I_{mpp} : Intensidad máxima del módulo (A)

α : coeficiente intensidad – temperatura del módulo (%/ C° o mA/ C°).

β : coeficiente tensión – temperatura del módulo (%/ C° o mA/ C°).

A continuación, se determina el número de módulos totales se determina mediante la ecuación:

$$N_T \geq N_S \cdot N_P \geq \frac{P_{Gmax}}{P_{máx}}$$

Para el cual:

N_S : Número de módulos en serie.

N_P : Número de módulos en paralelo.

$P_{Gmáx}$: Potencia máxima producida por modulo (kW)

$P_{máx}$: Potencia máxima producida por modulo (kW)

N_T : representan el número total de paneles para el arreglo fotovoltaico.

En donde:

$$N_T \geq \frac{11,88}{0,625}$$

$N_T \geq 19$ paneles.

Con la cantidad de paneles determinada, se ha verificado que el área total requerida para la instalación de estos paneles no excede el espacio disponible en la cubierta. Cada panel fotovoltaico tiene unas dimensiones de 2,38 m de largo por 1,134 m de ancho, lo que resulta en un área de 2,70 m² por unidad. Para la cantidad total de paneles seleccionados, el área requerida es de 51,3 m². Este valor es considerablemente inferior al área total disponible de 90 m² en la cubierta, por lo que se confirma que la cantidad de paneles seleccionada es adecuada y compatible con el espacio disponible para la instalación.

Más adelante, se presentará la disposición sugerida para la instalación de los paneles fotovoltaicos en la cubierta, con el fin de optimizar el uso del espacio disponible y garantizar la eficiencia del sistema. Asimismo, se detallarán los arreglos propuestos tanto en serie como

en paralelo, considerando las características del sistema eléctrico y las especificaciones técnicas de los paneles.

6.5. Dimensionamiento del Inversor.

El parámetro principal que limita la selección del inversor es la potencia máxima que se puede inyectar en el sistema. En este caso, no se alcanzará un valor exacto para la potencia máxima, ya que los inversores suelen ofrecer valores estandarizados. Bajo esta condición, el modelo más adecuado y cercano a la potencia requerida es el GROWATT MIN 10000TL-X2, que cumple con los requisitos de potencia y, además, se ajusta a la necesidad de ser bifásico para la instalación. Este inversor ha sido seleccionado por su capacidad para operar de manera eficiente dentro de los rangos de potencia definidos.

Hoja de datos	MIN 7000TL-X2	MIN 8000TL-X2	MIN 9000TL-X2	MIN 10000TL-X2
Datos de entrada (CD)				
Máxima potencia FV recomendada	12000W	12000W	13500W	15000W
Máximo voltaje CD	600V			
Voltaje de arranque	80V			
Voltaje nominal	360V			
Rango de voltaje de MPPT	60-550V			
Número de MPPTs	3			
Cadenas por MPPT	1/1/1			
Máxima corriente de entrada por MPPT	18A/18A/18A			
Corriente máx. de cortocircuito por MPPT	24A/24A/24A			
Datos de salida (CA)				
Potencia nominal de CA	7000W	8000W	9000W	10000W
Potencia aparente máxima	7000VA	8000VA	9000VA	10000VA
Voltaje nominal CA (Rango*)	220V/160-300V			
Frecuencia de red CA (Rango*)	50/60Hz (44-55Hz/54-65Hz)			
Corriente máxima de salida	33.5A	38.3A	43A	45.5A
Factor de potencia ajustable	0.8 de adelanto...0.8 de atraso			
Distorsión armónica total	<3%			
Tipo de conexión CA	Monofásico			
Eficiencia				
Máxima eficiencia	98.1%			
Eficiencia europea	97.5%			
Eficiencia de MPPT	99.5%			

Figura 6.

Especificaciones técnicas de los inversores GROWATT serie MIN TL-X2

Fuente: Growatt New Energy Technology Co., Ltd. (2024). Datasheet inversor serie MIN 7000-10000 TL-X2.

6.6. Potencia del inversor AC/DC.

En este apartado se establece la relación entre la potencia del generador fotovoltaico y la potencia nominal del inversor, con el fin de evitar confusiones en la interpretación del diseño. El inversor seleccionado es el encargado de inyectar la potencia hacia la red eléctrica, siendo su potencia nominal de salida de 10 kW.

Por otro lado, previamente se determinó que la potencia máxima del generador fotovoltaico corresponde a 11,88 kW, valor definido en función de la capacidad de la acometida eléctrica existente. Esta diferencia entre la potencia del campo fotovoltaico y la potencia nominal del inversor responde al criterio de sobredimensionamiento del generador, comúnmente denominado *oversizing*.

El fabricante del inversor establece una potencia fotovoltaica máxima admisible de hasta 15 kW, lo que corresponde a un sobredimensionamiento del 50% respecto a la potencia nominal del equipo. No obstante, para condiciones de diseño más conservadoras, se recomienda que este valor no supere el 20% adicional, con el objetivo de mantener condiciones adecuadas de operación y evitar limitaciones excesivas por recorte de potencia (*clipping*).

$$Oversizing \leq 120 \% \leq \frac{\text{Potencia máxima fotovoltaica de los paneles}}{\text{Potencia máxima del inversor}} \cdot 100\%$$

$$Oversizing \leq 120 \% \leq \frac{11,88 \text{ kW}}{10 \text{ kW}} \cdot 100\%$$

$$Oversizing \leq 120 \% \leq 118,8 \%$$

Se verifica que la potencia fotovoltaica instalada no se encuentre sobredimensionada en relación con la capacidad del inversor y que se mantenga dentro de los valores recomendados por el fabricante. Esta relación permite un mejor aprovechamiento del equipo, especialmente en condiciones de baja irradiancia, como en periodos con menores horas sol pico (HSP), donde el generador fotovoltaico no opera a su potencia máxima y el inversor puede trabajar en rangos más cercanos a su punto nominal.

6.7. Arreglo de cadenas fotovoltaicas.

Considerando que el inversor dispone de múltiples seguidores de punto de máxima potencia (MPPT), para este diseño se plantea la configuración de tres cadenas N_{si} fotovoltaicas independientes. Dos de las cadenas estarán conformadas por 6 módulos en serie, mientras que la tercera contará con 7 módulos en serie.

Cada cadena se conectará de forma independiente a un seguidor MPPT del inversor, lo cual permite que cada grupo de módulos opere en su propio punto de máxima potencia. Esta configuración es técnicamente viable, ya que las diferencias en el número de módulos no generan interferencias entre cadenas al estar asociadas a MPPT independientes.

Cabe señalar que, en configuraciones donde múltiples cadenas se conectan a un mismo MPPT, es necesario que estas mantengan condiciones eléctricas similares (principalmente voltaje), ya que diferencias en la longitud de las cadenas provocarían desajustes operativos. En dichos casos, el sistema tendería a operar en un punto común que no corresponde al óptimo de todas las cadenas, lo que se traduce en pérdidas de generación.

No obstante, es necesario verificar que los parámetros eléctricos de cada cadena se encuentren dentro de los límites operativos admisibles del inversor. Por ello, a continuación, se realiza la correspondiente comprobación.

Sin embargo, se debe verificar que los parámetros eléctricos de cada cadena fotovoltaica se encuentren dentro de los límites operativos admisibles del inversor. En este sentido, se procede a realizar la correspondiente comprobación de tensiones y corrientes en condiciones de operación, con el fin de garantizar la compatibilidad entre el generador fotovoltaico y el equipo de conversión.

$$N_{si} \cdot U_{oc(T)} \leq U_{max-PV}$$

$$N_p \cdot (I_{sc} \cdot 1.25) \leq I_{max-trk}$$

N_{si} : Número de paneles en serie

N_p : Número de paneles en paralelo

$I_{max-trk}$: Corriente máxima de entrada por MPPT del inversor (A)

U_{max-PV} : Voltaje máximo de entrada por MPPT del inversor (V)

Entonces:

1)

$$6 \cdot (49,8 V) \leq 550 V$$
$$298,8 V \leq 550 V \text{ cumple.}$$

1)

$$7 \cdot (49,8 V) \leq 550 V$$
$$348,6 V \leq 550 V \text{ cumple.}$$

Para determinar la corriente generada por cada cadena conectada a un MPPT, se aplica la siguiente ecuación.

$$1 \cdot (15,93 A \cdot 1.25) \leq 24 A$$
$$19 A \leq 24 A \text{ Si cumple}$$

En resumen, se tiene la siguiente configuración:

$$MPPT: 3$$
$$N_p: \text{No existen paralelos}$$
$$N_{si}: 6 \text{ y } N_{si}: 7$$

6.8. Conductores.

Se establecen límites de caída de tensión en sistemas fotovoltaicos con el fin de garantizar condiciones adecuadas de operación y reducir pérdidas eléctricas en la conducción. De forma general, se recomienda que la caída de tensión en el tramo comprendido entre los módulos fotovoltaicos y el inversor no exceda el 3% del voltaje nominal del sistema.

Este criterio permite limitar pérdidas por efecto Joule y asegurar que el inversor opere dentro de su rango óptimo de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT). No obstante, estos valores pueden ajustarse en función de las condiciones específicas del proyecto y de la normativa eléctrica aplicable.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\Delta U_{\%} \cdot \sigma}$$

Donde:

S: Sección del conductor (mm^2).

L: Longitud del trayecto (m).

I: Corriente de línea (A).

$\Delta U_{\%}$: Caída de tensión máxima permisible porcentual por tensión (%).

σ : Conductividad del cable $\left(\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}\right)$

La determinación de la caída de tensión máxima permisible se realiza considerando la trayectoria de corriente más desfavorable dentro del sistema, adoptando un valor límite de $\Delta U = 3\%$ respecto al voltaje nominal.

Para la evaluación de la caída de tensión en el conductor, se emplea la siguiente expresión:

$$\Delta U = U_s \cdot \Delta U_{\%}$$

Para el cual:

ΔU : Caída de voltaje máxima (V)

U_s : Voltaje de salida (V)

Para la conductividad en DC $\sigma = 45 \left(\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}\right)$ las fichas técnicas del conductor seleccionados se adjuntarán en el apartado de anexos.

Las distancias que se muestran serán hipotéticas para el cálculo.

Tramo 1: Conexión entre módulos e inversor tomamos la $I_{sc} = 15,93$ A con un coeficiente de seguridad de 1.25 entonces se tiene: $I_{T1} = 1.25 \cdot 15,93 = 19,91$ A con una longitud de $L = 15$ m.

$$\Delta U_{\%1} = 348,6 \text{ V} \cdot 3\%$$

$$\Delta U_{\%1} = 10,46 \text{ V}$$

$$S_1 = \frac{2 \cdot 15 \cdot 19,91}{45 \cdot 10,45}$$

$$S_1 = 1,27 \text{ mm}^2$$

Tramo 2: Conexión entre el inversor a las protecciones y el medidor

En este caso específico, con el fin de mantener compatibilidad con la infraestructura existente y evitar inconvenientes con la empresa distribuidora, se opta por utilizar el mismo tipo y calibre de conductor que el empleado en la acometida principal del medidor. Esta decisión permite mantener condiciones eléctricas uniformes en el punto de conexión y facilita la integración del sistema fotovoltaico con la red existente.

Tabla 1.

Sección	Sección calculada por caída de tensión e intensidad.	Sección comercial e intensidad del conductor WVCQ
S_1	$1,27 \text{ mm}^2 / 19,91 \text{ A}$	$4,74 \text{ mm}^2 / 29 \text{ A}$

Sección calculada y sección comercial seleccionada para los conductores.

6.9. Protecciones.

6.9.1 Protección para los módulos fotovoltaicos.

Al no disponer de cadenas conectadas en paralelo en una misma entrada del inversor, ya que cada cadena se conecta a un seguidor MPPT independiente. Por consiguiente, la corriente de cortocircuito considerada para el dimensionamiento de la protección corresponde a la de una sola cadena, siendo $I_{sc} = 15,93 \text{ A}$. Este valor se emplea directamente en la ecuación de cálculo para la selección de los dispositivos de protección.

$$I_{fpv} = 1,25 \cdot I_{sc}$$

Donde:

I_{fpv} : Corriente del fusible para proteccion por string/cadena de paneles (A)

$$I_{fpv} = 1,25 \cdot 15,93$$

$$I_{fpv} = 19,91 \text{ A}$$

Para el voltaje se usa la ecuación:

$$U_{f_{pv}} = 1,2 \cdot N_{si} \cdot U_{oc(T)}$$

Donde:

$U_{f_{pv}}$: Voltaje del fusible para protección por string/cadena de paneles (V)

$$U_{f_{pv}} = 1,2 \cdot 7 \cdot 49,8$$

$$U_{f_{pv}} = 418,32 \text{ V}$$

Con base en los resultados obtenidos en el cálculo, se selecciona un interruptor termomagnético en corriente continua de 1000 V y 20 A, correspondiente a un valor comercial que cumple con los parámetros eléctricos definidos en el diseño. Este dispositivo garantiza la adecuada protección del circuito frente a condiciones de sobre corriente, en concordancia con las características operativas del sistema fotovoltaico.



Figura 7.

Interruptor termomagnético en corriente continua (DC) 1000v - 20A

Fuente: EARU Electric Co., Ltd. (s.f.). DC circuit breaker EACBDC-63, IEC/EN 60947-2.

6.9.2 Protección para la salida del inversor.

Se obtiene la corriente para la salida máxima para la salida del inversor. Este modelo considera un factor de potencia unitario.

$$I_{max} = \frac{10000}{220 \cdot 1}$$

$$I_{ca} = 45,45 \text{ A.}$$

$$I_n = I_{ca} \cdot 1.25$$

Entonces:

$$I_n = 45,5 \cdot 1.25$$

$$I_n = 56,87 \text{ A}$$

Se seleccionará un interruptor termomagnético bifásico de 63 A.



Figura 8.

Interruptor termomagnético AC 2P, 63A, 10kA, curva C, modelo Easy9 EZ9F56263

Fuente: Schneider Electric. (s.f.). Interruptor termomagnético Easy9 2P 63A 10kA curva C, referencia EZ9F56263. Recuperado de <https://www.se.com>

6.10. Cálculo del consumo energético requerido.

En este caso para determinar el consumo promedio dentro del lugar se ha considerado el consumo de los últimos 3 meses (enero, febrero y marzo) ver figura 9.

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía activa total	04-02-2026	35826,00	34474,00		1352,00	0,00	1352,00	kWh	135,96

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía activa total	04-03-2026	37058,00	35826,00		1232,00	0,00	1232,00	kWh	123,60

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía activa total	06-04-2026	38546,00	37058,00		1488,00	0,00	1488,00	kWh	149,96

Figura 9.

Facturas de consumo eléctrico enero a marzo – Cliente GAD Municipal de Isabela, medidor N° 1709016134. eléctrico y alumbrado público, abril 2026. Documento proporcionado por el GADMI.

Se analizaron los consumos registrados en los últimos tres meses, obteniendo valores de 1352 kWh, 1322 kWh y 1488 kWh respectivamente. A partir de estos datos, se determina un consumo promedio mensual de **1387,33 kWh**, el cual será utilizado como referencia para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

Tabla 2.

Mes	Consumo (kWh)
Mes 1	1352
Mes 2	1322
Mes 3	1488
Promedio	1387,33

Consumo eléctrico mensual y promedio (últimos 3 meses)

Para la simulación de la producción energética mensual del sistema fotovoltaico, se utilizó el software PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). A partir de esta herramienta se obtuvieron los resultados de generación estimada en función de las condiciones climáticas del sitio, tales como la irradiancia solar y la temperatura ambiente, los cuales se presentan a continuación.

Tabla 3.

MES	ENERGIA DIARIA (kWh)	ENERGIA MENSUAL (kWh)	IRRADIANCIA DIARIA (Wh/m ²)	IRRADIANCIA MENSUAL (Wh/m ²)
1	62,82	1947,52	6,54	202,67
2	62,86	1760,02	6,62	185,46
3	62,4	1934,25	6,6	204,72
4	55,44	1663,28	5,82	174,59
5	49,11	1522,32	5,09	157,88
6	44,71	1341,32	4,61	138,16
7	44,88	1391,35	4,6	142,62
8	49,5	1534,43	5,06	156,87
9	54,95	1648,61	5,62	168,64
10	61,94	1920,22	6,36	197,08
11	64,39	1931,83	6,62	198,62
12	62,68	1943,12	6,44	199,63
ANUAL	56,27	1711,52	5,83	177,25

Resultados de simulación de producción energética e irradiancia del sistema fotovoltaico obtenidos mediante PVGIS.

6.11. Diagrama unifilar.

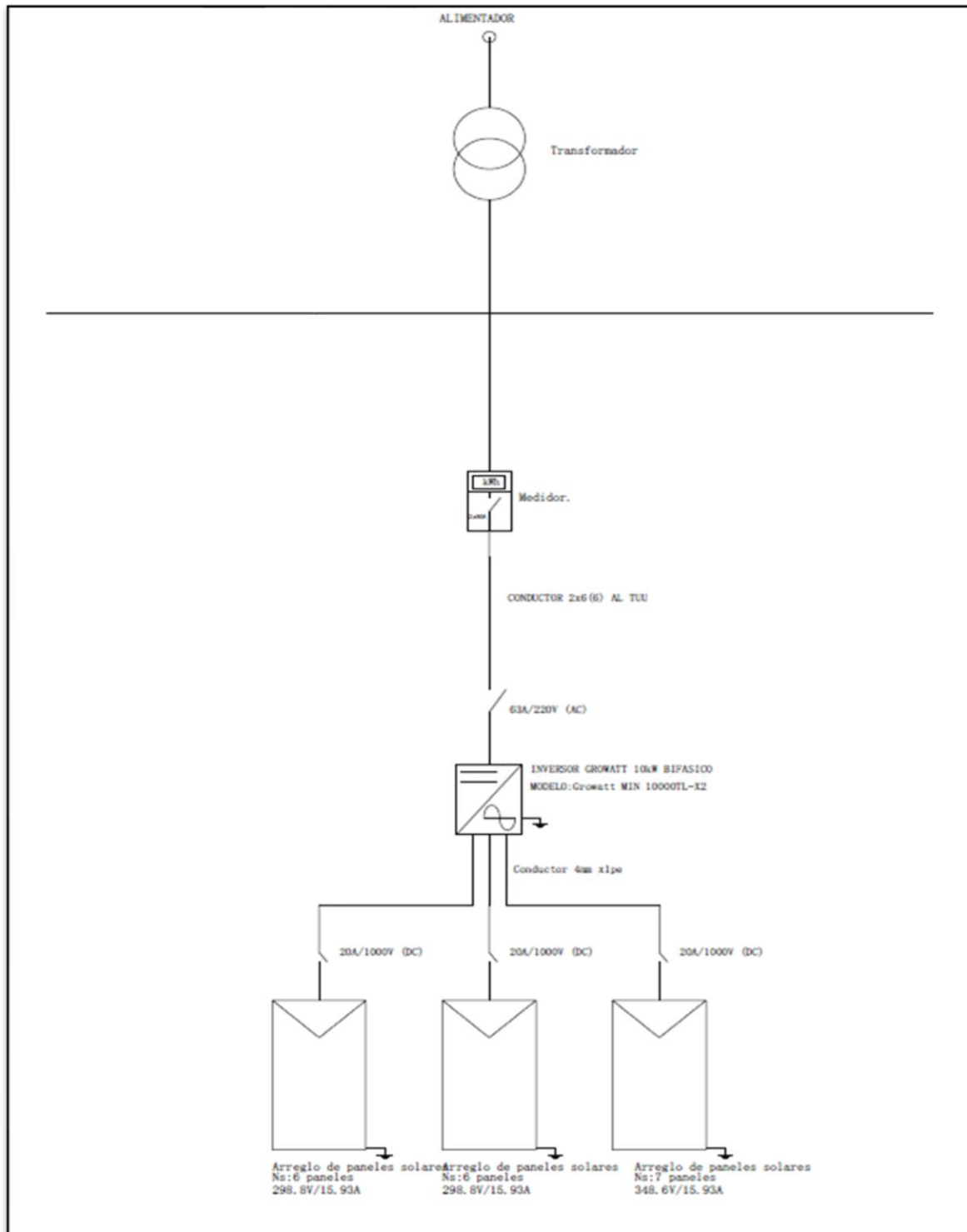


Figura 10.

Diagrama unifilar del diseño del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

6.12. Plano de Implantación en sitio.

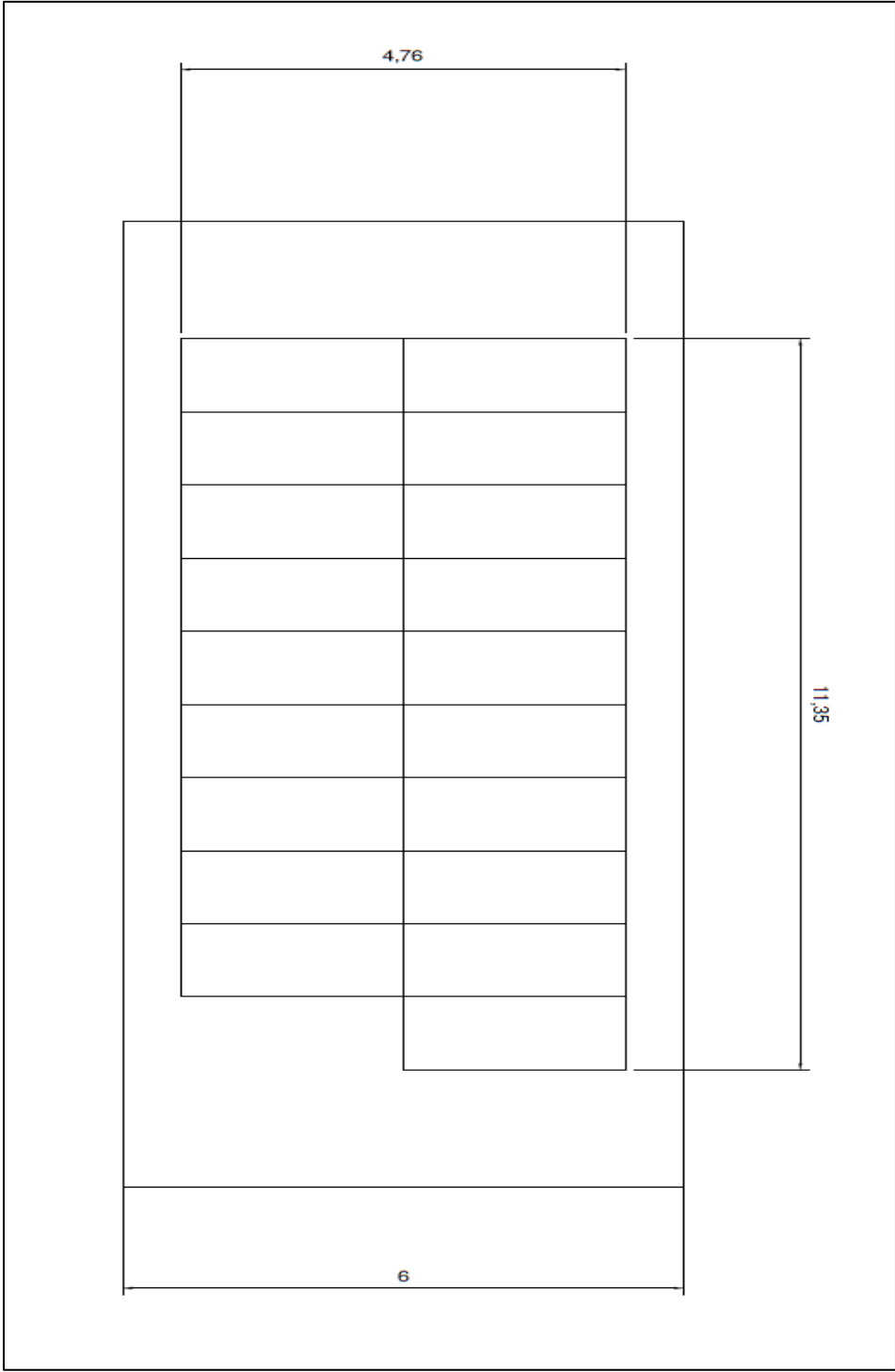


Figura 11.

Disposición de módulos fotovoltaicos en cubierta considerando dimensiones disponibles y área útil de instalación.

Fuente: Elaboración propia

6.13. Oferta Económica.

Como referencia para la estimación de precios, se consideraron los valores disponibles en la tienda HELIOS. No obstante, dentro del presupuesto no se contabilizaron los costos correspondientes al panel fotovoltaico, breaker AC, tablero de protecciones DC y cable AC; para estos últimos se tomaron como referencia precios estándar disponibles en tiendas en línea.

Tabla 4.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	P. TOTAL
SUMINISTRO PANEL SOLAR 625 DMD VERTEX.	U	19	\$125,00	\$2.375,00
SUMINISTRO DE INVERSOR SOLAR ON GRID GROWATT MIN 10000TL-X2	U	1	\$1.418,00	\$1.418,00
SUMINISTRO DE CONDUCTORES DC (POSITIVO-NEGATIVO)	GLB	1	\$184,00	\$184,00
SUMINISTRO DE CONDUCTORES AC #6 AWG TTU	GLB	1	\$149,52	\$149,52
SUMINISTRO DE ESTRUCTURA Y ANCLAJES PARA PANELES	GLB	1	\$966,44	\$966,44
SUMINISTRO BREAKER AC	U	1	\$32,00	\$32,00
SUMINISTRO TABLERO DE PROTECCION DC (PANELES)	U	1	\$85,00	\$85,00
INSTALACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	U	1	\$2.000,00	\$2.000,00
			SUBTOTAL IVA 0%	\$3.793,00
			SUBTOTAL IVA 15%	\$3.416,96
			IVA 15 %	\$512,54
			TOTAL	\$7.722,51

Oferta económica con instalación.

7. Resultados.

El sistema fotovoltaico presenta una generación mensual estimada promedio de 1711,52 kWh, mientras que el consumo promedio del aeropuerto es de 1387,33 kWh, evidenciando que la generación proyectada es superior al consumo analizado, permitiendo cubrir la demanda diurna bajo condiciones promedio.

La producción energética mensual varía entre 1341,32 kWh y 1947,52 kWh, en función de la irradiancia solar, la cual presenta valores entre 4,6 y 6,62 kWh/m²/día, reflejando una dependencia directa de las condiciones climáticas del sitio.

El valor promedio anual de irradiancia diaria de 5,83 kWh/m² confirma la disponibilidad de un recurso solar adecuado, permitiendo una generación energética relativamente estable durante el año.

El dimensionamiento del sistema se ajusta a una potencia máxima de 11,88 kW, determinada por la capacidad de la acometida (60 A), con un total de 19 módulos de 625 W, cumpliendo con las restricciones eléctricas y de espacio disponibles.

8. Conclusiones.

El sistema fotovoltaico on-grid propuesto es técnicamente viable, al cumplir con las condiciones eléctricas de la instalación existente y garantizar compatibilidad con la red eléctrica.

La generación estimada permite abastecer la demanda energética promedio en horario diurno, reduciendo la dependencia del suministro convencional.

El diseño considera adecuadamente tanto el recurso solar como las limitaciones físicas y eléctricas del sitio, asegurando condiciones de operación dentro de rangos aceptables.

El sobredimensionamiento del generador fotovoltaico ($\approx 118,8\%$) respecto al inversor permite optimizar su operación en condiciones de baja irradiancia, manteniéndose dentro de los límites recomendados.


9. Referencias

- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2020). Regulación para la generación distribuida para autoabastecimiento de energía eléctrica.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar engineering of thermal processes* (4th ed.). Wiley.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables. (2019). *Guía técnica para sistemas fotovoltaicos conectados a red*.
- International Energy Agency. (2022). *Renewables 2022: Analysis and forecast to 2027*.
- Masters, G. M. (2013). *Renewable and efficient electric power systems* (2nd ed.). Wiley.
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2021). *Plan maestro de electrificación y energías renovables del Ecuador*.
- Solar Energy Industries Association. (2021). *Grid-connected photovoltaic systems overview*.
- Villalva, M. G., & Gazoli, J. R. (2009). Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 24(5), 1198–1208. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2009.2013862>
- Schneider Electric. (s.f.). Interruptor termomagnético Easy9 2P 63A 10kA curva C, referencia EZ9F56263. Recuperado de <https://www.se.com>

10. Anexos

ANEXO 1 Ficha técnica de módulos fotovoltaicos (VERTEX TSM-NE19R 625WP)

Mono Multi Solutions



Vertex N
N-type i-TOPCon BACKSHEET MONOCRYSTALLINE MODULE

PRODUCT: TSM-NE19R
POWER RANGE: 595-625W

625W

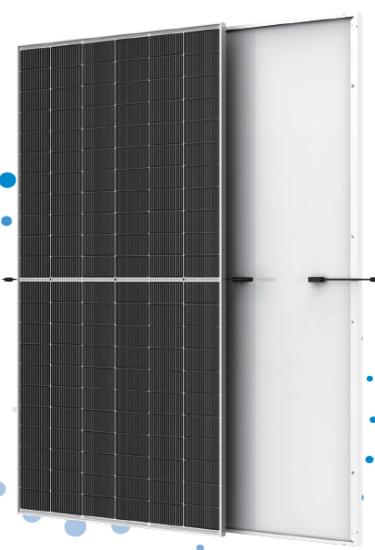
MAXIMUM POWER OUTPUT

0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

23.1%

MAXIMUM EFFICIENCY



- High customer value**

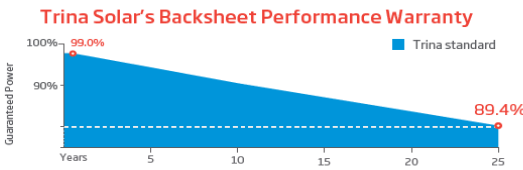
 - Standardized module size with flagship module power, 30W higher compared with conventional technology
 - Low Voltage design with higher string power, effectively reducing BOS (Balance of System) and LCOE (Levelized Cost of Energy) by 1%~5%
 - Suitable for all scenario, especially C&I, residential, and ground applications
 - Higher container space utilization effectively reduces the freight cost
 - Excellent compatibility with existing mainstream system components
- High power up to 625W**

 - Up to 23.1% module efficiency, on 210 innovative platform
 - Patented i-TOPCon technology with continuous efficiency improvement, including contact resistance reduction, rear reflection enhancement and edge quality repairment
- High reliability**

 - Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology and high-density packaging
 - Reduced risks of hot-spot with half-cut technology
 - Certified high resistance against salt, ammonia, sand, PID, LID, LeTID
 - Sustainable in harsh environments and extreme weather conditions
- High energy yield**

 - Excellent low irradiation performance, validated by 3rd party
 - Lower temperature coefficient (-0.29%/°C)

Trina Solar's Backsheet Performance Warranty

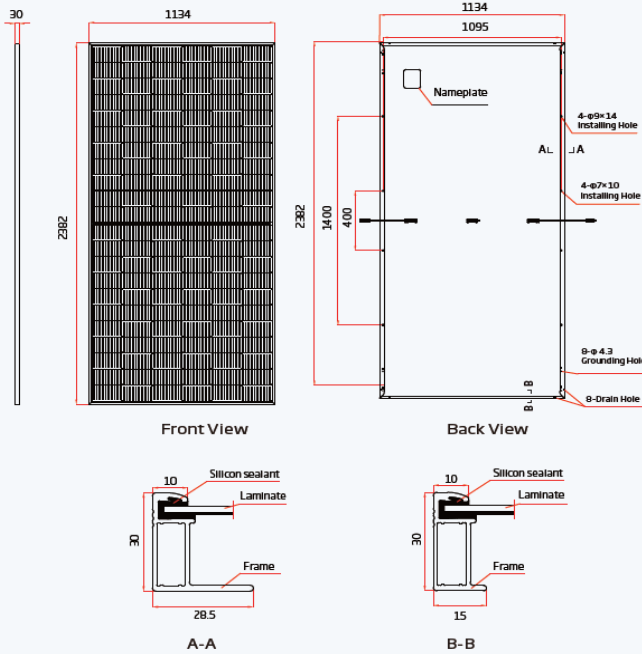


Years	Guaranteed Power (%)
0	99.0%
25	89.4%

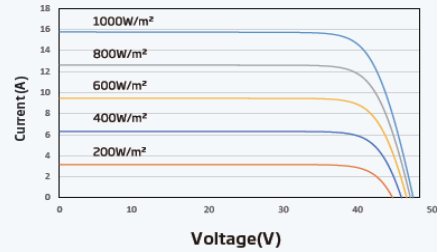
Comprehensive Products and System Certificates

IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716/UL61730
 ISO 9001: Quality Management System
 ISO 14001: Environmental Management System
 ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
 ISO45001: Occupational Health and Safety Management System

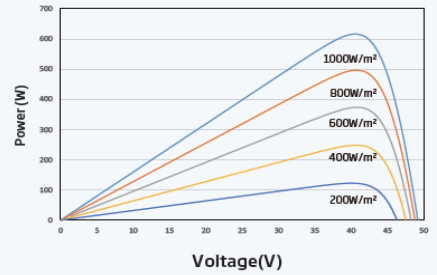
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(610W)



P-V CURVES OF PV MODULE(610 W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{max} (Wp)*	595	600	605	610	615	620	625
Power Tolerance- P_{max} (W)	0 ~ +5						
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	40.0	40.3	40.5	40.8	41.1	41.4	41.6
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	14.89	14.91	14.94	14.96	14.98	14.99	15.00
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	48.1	48.4	48.7	49.0	49.3	49.6	49.8
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	15.76	15.80	15.83	15.86	15.89	15.91	15.93
Module Efficiency η_m (%)	22.0	22.2	22.4	22.6	22.8	23.0	23.1

MECHANICAL DATA

Solar Cells	N-type i-TOPCon Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2382×1134×30 mm (93.78×44.65×1.18 inches)
Weight	27.9kg (61.51 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Backsheet	White
Frame	30mm(1.18 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²) Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / TS4 Plus / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- P_{max} (Wp)	454	459	462	466	470	474	477
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	37.6	37.9	38.1	38.3	38.6	38.8	39.0
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	12.07	12.11	12.13	12.16	12.19	12.20	12.21
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	45.7	46.0	46.2	46.5	46.8	47.1	47.3
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	12.69	12.73	12.75	12.78	12.80	12.82	12.84

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P_{max}	-0.29%/°C
Temperature Coefficient of V_{oc}	-0.24%/°C
Temperature Coefficient of I_{sc}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	30A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
25 year Power Warranty
1% first year degradation
0.4% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 36 pieces
Modules per 40' container: 720 pieces

Hoja de datos	MIN 7000TL-X2	MIN 8000TL-X2	MIN 9000TL-X2	MIN 10000TL-X2
Datos de entrada (CD)				
Máxima potencia PV recomendada	12000W	12000W	13500W	15000W
Máximo voltaje CD			600V	
Voltaje de arranque			80V	
Voltaje nominal			360V	
Rango de voltaje de MPPT			60-550V	
Número de MPPTs			3	
Cadenas por MPPT			1/1/1	
Máxima corriente de entrada por MPPT			18A/18A/18A	
Corriente máx. de cortocircuito por MPPT			24A/24A/24A	
Datos de salida (CA)				
Potencia nominal de CA	7000W	8000W	9000W	10000W
Potencia aparente máxima	7000VA	8000VA	9000VA	10000VA
Voltaje nominal CA (Rango*)			220V/160-300V	
Frecuencia de red CA (Rango*)			50/60Hz (44-55Hz/54-65Hz)	
Corriente máxima de salida	33.5A	38.3A	43A	45.5A
Factor de potencia ajustable			0.8 de adelanto...0.8 de atraso	
Distorsión armónica total			<3%	
Tipo de conexión CA			Monofásico	
Eficiencia				
Máxima eficiencia			98.1%	
Eficiencia europea			97.5%	
Eficiencia de MPPT			99.5%	
Dispositivos de protección				
Protección de polaridad inversa CD			Sí	
Interruptor CD			Sí	
Protección contra sobretensión CD			Clase II	
Monitoreo de resistencia de aislamiento			Sí	
Protección contra cortocircuitos en CA			Sí	
Monitoreo de falla a tierra			Sí	
Monitoreo de red			Sí	
Protección anti-isla			Sí	
Monitoreo de corriente residual			Sí	
AFCI			Sí	
Datos generales				
Dimensiones			425/387/180mm	
Peso			20kg	
Rango de temperatura de operación			-30 °C ... +60 °C	
Autoconsumo (noche)			< 1W	
Topología			Sin transformador	
Enfriamiento			Convección natural	
Grado de protección			IP66	
Humedad relativa			0-100%	
Altitud			4000m	
Conexión CD			H4/MC4(Opcional)	
Conexión CA			Conector	
Pantalla			OLED+LED	
Comunicación: RS485/USB/WIFI/GPRS/RF/LAN			SI/SI/Opc/Opc/Opc/Opc	
Garantía: 5 años/10 años			SI/Opc	
Garantía: 10 años/15 años (Solo México)			SI/Opc	
IEEE1547, UL1741, Inmetro, G99, EN50549-1, UNE217001, UNE206007, PO12.2				

* El rango de voltaje de CA puede variar en función de la norma de red de cada país.

* Todas las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

Cable Antifraude de Aluminio Serie 8000 XLPE/PVC 600 V 90 °C



Calibre	Sección	CONDUCTOR DE FASE			Formación Neutro Concéntrico		Espesor Relleno PVC	Diámetro Exterior	Peso Total Aproximado (1)	Capacidad de Corriente Conduit
		No. de Hilos x Diámetro	Espesor Aislamiento	Diámetro Conductor	No. de Hilos x Diámetro	mm				
AWG	mm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg/km	A	
1x6+6	13,30+13,30	7x1,55	1,14	6,96	8x1,46	N/A	11,68	133	60	
1x4+4	21,20+21,20	7x1,96	1,14	8,16	13x1,45	N/A	13,65	188	75	
1x2+2	33,60+33,60	7x2,47	1,14	9,69	18x1,55	N/A	16,14	273	100	
2x6+1x6	3x13,30	7x1,55	1,14	6,96	12x1,19	0,38	13,20x20,16	241	60	
2x4+1x6	2x21,20+13,30	7x1,96	1,14	8,16	12x1,19	0,38	14,25x20,43	302	75	
2x4+1x4	3x21,20	7x1,96	1,14	8,16	13x1,45	0,38	15,17x23,34	330	75	
3x4+4	4x21,20	7x1,96	1,14	8,16	13x1,45	0,38	23,02	450	75	
2x2+1x4	2x33,60+21,20	7x2,47	1,14	9,69	13x1,45	0,38	16,72x26,44	424	100	
2x2+1x2	3x33,60	7x2,47	1,14	9,69	18x1,55	0,38	17,66x27,38	467	100	
3x6+1x6	4x13,30	7x1,55	1,14	6,96	12x1,19	0,38	21,27	412	60	

(1) Los pesos variarán si la chaqueta es de PE.

Aplicaciones: Estos conductores son utilizados como acometidas eléctricas desde la red de distribución de energía hasta el panel de medidores, especialmente donde se requiera evitar robo de energía eléctrica y como cable de alimentación desde el panel de medidores hasta el tablero o panel de distribución general. Puede ser usado en lugares secos y húmedos, enterrados directamente o a la intemperie.

Construcción: Conductores sólidos o cableados, están contruidos con aluminio serie 8000, aislados con una capa uniforme de polietileno reticulado (XLPE) resistente a la humedad, posteriormente si es un cable bipolar, se aplica una malla helicoidal de hilos de aluminio sobre el conductor central, o si es un cable tri o tetrapolar, los conductores centrales se disponen paralelamente o se trenzan entre si y sobre ellos se aplica, primero un relleno de PVC y luego una malla helicoidal de hilos de aluminio serie 8000; posteriormente sobre esta malla se aplica una cinta helicoidal de material no higroscópico (fibra de vidrio o poliéster) y finalmente una chaqueta de cloruro de polivinilo (PVC) color negro.

Especificaciones: Elaborado y probado de acuerdo a la última revisión de las siguientes normas: ASTM B800, B801; UL 44, 854.

Embalaje: Carretes de madera.

Nota: Modificaciones en la construcción de los cables pueden ser realizadas bajo pedido del cliente.

Líderes

CENTELSA
CABLES DE ENERGÍA Y DE TELECOMUNICACIONES S.A.
Una empresa Viakable

Cables para el aprovechamiento
de la energía solar

CENTELSA FOTOVOLTAICOS

RoHS

www.centelsa.com

Líderes



CABLES FOTOVOLTAICOS para sistemas de energía solar



TIPO AMERICANO

PV XLPE Cu 90°C 2 kV SR RoHS

TIPO EUROPEO

H1Z2Z2-K CuSn 90°C 1 kV HF FR RoHS

Diseñados para alimentar circuitos de baja tensión en instalaciones de energía solar fotovoltaica.

Síguenos en nuestras redes sociales:



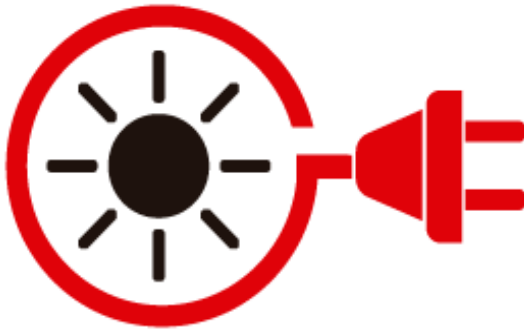
www.centelsa.com



CENTELSA H1Z2Z2-K CuSn 90 °C 1,0/1,0 kV (1,5 kV DC) HF FR
CENTELSA PV FOTOVOLTAICO Cu 90 °C XLPE 2 kV SR



Introducción



En nuestra era los desarrollos van encaminados a la búsqueda de materias primas, elementos, equipos y sistemas eléctricos más amigables con el medio ambiente. Las empresas líderes a nivel mundial, además de ostentar sellos de calidad ahora también divulgan sus sellos ambientales como ISO 14000. Este cambio se debe principalmente debido a los efectos contaminantes y el agotamiento de los combustibles fósiles (Ej.: petróleo, gas, carbón), donde las energías renovables son ya una alternativa y fuentes como el sol (energía solar), el aire (energía eólica), las plantas (bioingeniería - biomasa) y nuestro propio planeta (energía geotérmica) entre otras, son aprovechados para generar energía eléctrica disminuyendo el impacto ambiental. Las energías renovables son energías limpias que contribuyen a cuidar el medio ambiente y no emiten gases de efecto invernadero.

La energía solar toma sus recursos de los rayos del sol, transformándolos para obtener calor y electricidad, empleando sistemas fotovoltaicos que basan su funcionamiento en el efecto fotoeléctrico, donde a través de paneles y materiales semiconductores (células), se convierte la energía luminosa proveniente del sol en energía eléctrica. Este proceso de generación de electricidad renovable no

contamina, no emite gases nocivos, su mantenimiento es mínimo y no genera ruidos molestos.

En detalle, los sistemas fotovoltaicos (PV - Photo Voltaic) toman la luz solar a través del panel, que por medio de sus celdas transforman esta luz en corriente eléctrica directa (DC). Esta energía es transportada a través de cables, desde el panel hasta la batería, pasando por un regulador de carga y posteriormente, pasa nuevamente a través del regulador de carga donde se puede usar de forma directa para conectar algunos equipos que funcionan con corriente DC; o por el contrario pasa a través de un conversor que se encarga de convertir la corriente DC en corriente alterna (AC), que es la corriente que usualmente se emplea dentro de las viviendas e industrias.

La tecnología fotovoltaica es totalmente confiable y su instalación es relativamente sencilla:

- **Paneles Solares Fotovoltaicos:** Conformados por celdas fotovoltaicas las cuales recolectan la energía proveniente de los rayos del sol y los convierten en corriente directa (DC).
- **Conversor o Inversor:** Recibe la corriente directa (DC), también denominada continua (CC) generada por los paneles solares y la convierte en corriente alterna (AC). Esta conversión se realiza debido a que la corriente alterna es la que comúnmente se utiliza en las viviendas e industrias.
- **Tablero Eléctrico:** La corriente alterna (AC) que sale del inversor llega a un tablero eléctrico donde está lista para ser utilizada.
- **Red Eléctrica:** Es el sistema eléctrico de la compañía de luz. Su sistema fotovoltaico permanecerá conectado a la red eléctrica para permitir el funcionamiento de la red eléctrica cuando se requiera energía adicional a la que su sistema fotovoltaico produjo, por ejemplo durante la noche, garantizando así un suministro constante y confiable de electricidad.

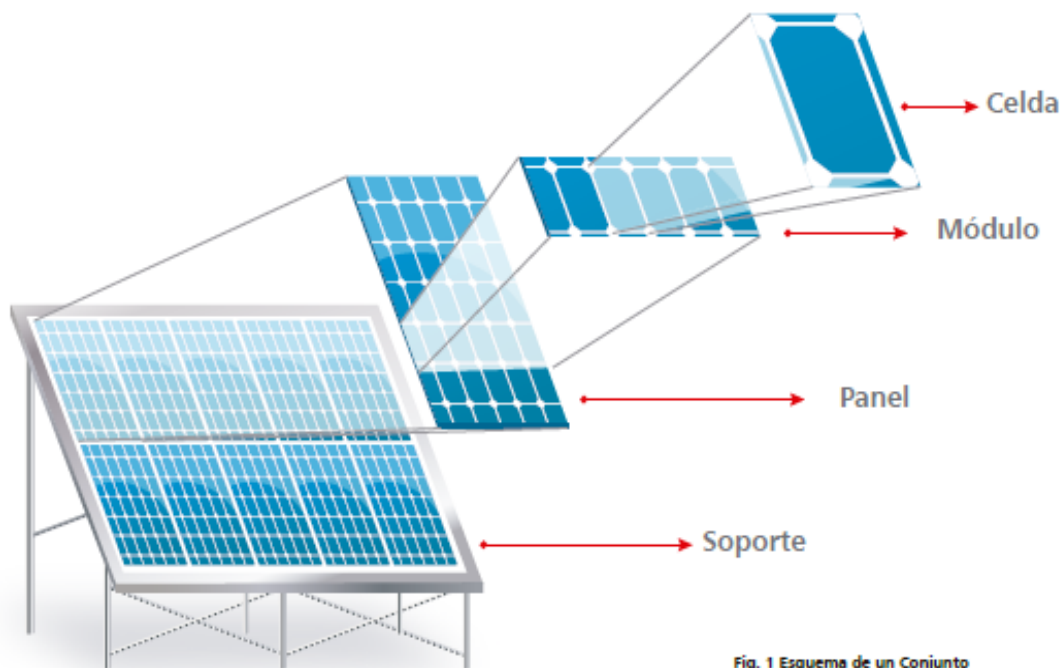


Fig. 1 Esquema de un Conjunto

• **Sistema de Monitoreo:** Su sistema fotovoltaico ofrece la posibilidad de monitorear la producción diaria de energía fotovoltaica y verificar que su sistema funcione adecuadamente, así como llevar un registro del CO₂ no emitido al ambiente.

Las definiciones técnicas de los sistemas solares fotovoltaicos (PV) están comprendidos en la sección 690 de la NFPA 70 National Fire Protection Association / National Electrical Code (NEC) (NTC 2050 - Código eléctrico Colombiano):

Celda Solar: Dispositivo fotovoltaico básico que genera electricidad cuando se expone a la luz.

Circuito de entrada del inversor: Conductores que van desde el inversor a la batería en los sistemas autónomos o conductores entre el inversor y los circuitos de salida fotovoltaicos para sistemas conectados en malla.

Circuito de fuente fotovoltaica: Conductores entre los módulos o que van desde los módulos al punto o puntos de conexión del sistema de corriente continua (ver figura 2).

Circuito de salida del inversor: Conductores entre el inversor y el centro de carga de c.a. en los sistemas autónomos o conductores que van desde el inversor hasta el equipo de acometida u otra fuente de generación de energía eléctrica, como una red pública, para sistemas conectados en malla (ver figura 2).

Circuito de salida fotovoltaica: Conectores que van desde el circuito o circuitos de fuente fotovoltaica y la unidad de acondicionamiento de energía o el equipo de utilización de corriente continua (ver figura 2).

Conjunto: Grupo mecánicamente integrado de módulos o paneles con una estructura y bases de soporte, controladores térmicos, sistemas de orientación y otros componentes, que forman la unidad de generación de corriente directa o corriente continua (DC o CC) (ver figura 1).

Diodo de bloqueo: Diodo que bloquea el flujo inverso de corriente dentro de un circuito de fuente fotovoltaica.

Fuente de energía fotovoltaica: Conjunto o grupo de conjuntos que genera energía en corriente directa y corriente continua (DC o CC) a la tensión y corriente del sistema.

FOTOVOLTAICOS

Inversor: Equipo que se utiliza para variar el nivel de tensión, la forma de onda o ambas cosas de una fuente de energía eléctrica. En general un inversor (también conocido como unidad de acondicionamiento de energía (PCU) o sistema de conversión de energía (PCS)) es un dispositivo que cambia una entrada de corriente continua (CC) en una salida de corriente alterna (CA). Los inversores en los sistemas autónomos pueden incluir también cargadores de baterías que toman la corriente alterna de una fuente auxiliar, como un generador y la rectifican convirtiéndola en corriente continua para cargar la batería.

Módulo: El mínimo grupo completo protegido ambientalmente, de células solares, componentes ópticos y otros componentes excepto los de orientación, diseñados para generar energía en corriente directa o corriente continua (DC o CC) bajo la luz solar.

Panel: Conjunto de módulos unidos mecánicamente, alambrados y diseñador para proporcionar una unidad instalable en sitio.

Sistema autónomo: Sistema solar fotovoltaico que genera energía eléctrica de modo independiente, pero puede recibir energía para control desde otro sistema eléctrico de generación.

Sistema interactivo: Sistema solar fotovoltaico que funciona en paralelo con otro sistema generador de energía eléctrica conectado a la misma carga y que está diseñado para entregar la energía producida en este sistema. Para propósito de esta definición, un subsistema de acumulación de energía que forme parte de un sistema fotovoltaico, como una batería, no se considera como otra fuente de alimentación.

Sistema solar fotovoltaico: Conjunto total de componentes y subsistemas que combinados, convierten la energía solar en energía eléctrica adecuada para la conexión de una carga de utilización.

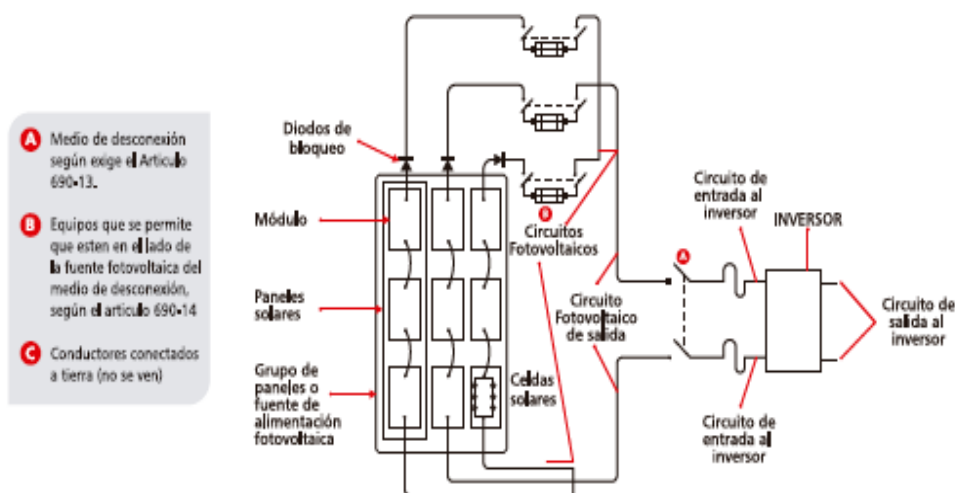


Fig. 2 Sistema Solar Fotovoltaico
(Por simplificación no se ve el sistema de puesta a tierra del circuito)

CENTELSA, fiel a su política de calidad, ambiental e innovación, ofrece al mercado sus nuevos cables para sistemas fotovoltaicos, especiales para llevar la corriente DC generada, evitando pérdidas en la transmisión brindando un sistema energético seguro y confiable esencial para el desarrollo económico y de protección del medio ambiente del planeta.

**CABLES CENTELSA H1Z2Z2-K 1.0 kV AC
(1.5 kV DC) 90°C HFFR RoHS**

CENTELSA H1Z2Z2-K CuSn 90°C 1.0/1.0 kV (1.5 kV DC) HFFR

Descripción General:

Cable formado por un conductor flexible de cobre estañado (CuSn), con tensión nominal de 1000 Vac y 1500 Vdc (H1), con aislamiento y cubierta flexible termoestable libre de halógenos (Z2Z2). Diseñado para una temperatura máxima de operación de 90°C (se permite una temperatura máxima en el conductor de 120°C sin superar 20 000 horas - según norma UNE EN-50618).

Principales Aplicaciones:

- Están diseñados para alimentar circuitos de baja tensión en instalaciones de energía solar fotovoltaica, en donde se requieran características de resistencia a la intemperie.
- Resistente a rayos UV, al ozono y humedad, con propiedades de no propagación de incendio y baja emisión de humos densos, tóxicos y corrosivos.

Norma

UNE EN-50618
Cables Eléctricos para Sistemas Fotovoltaicos

**CABLES CENTELSA
PV XLPE 2 kV 90°C SR RoHS**

CENTELSA PV FOTOVOLTAICO Cu 90°C XLPE 2 kV SR

Descripción General:

Cable formado por un conductor de cobre suave flexible, aislado en un material termoestable de polietileno reticulado (XLPE), resistente a la intemperie apto para enterrado directo (Dir Bur – Direct Burial), con una temperatura máxima de operación de 90°C en ambientes secos húmedos o mojados y un nivel de tensión máximo de 2000 V (2 kV).

Principales Aplicaciones:

- Están diseñados para alimentar circuitos de baja tensión en instalaciones de energía solar fotovoltaica, en donde se requieran características de resistencia a la intemperie.
- Pueden instalarse en tubería conduit, directamente enterrado o expuestos a la luz solar; en lugares secos húmedos o mojados.

Norma

UL 4703
Estándar para cables fotovoltaicos.



CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO H1Z2Z2-K 1,0 kV AC (1,5 kV DC) 90°C HF FR

Conductor		Aislamiento		Cubierta		Peso Total Aproximado	Ampacidad ⁽¹⁾		
Calibre	Resistencia Eléctrica DC a 20°C	Espesor Nominal	Diametro Aproximado	Espesor Nominal	Diametro Aproximado		Un Cable al Aire	Un Cable Sobre una Superficie	Dos Cables en Contacto Sobre Superficie
mm ²	Ω/km	mm	mm	mm	mm	kg/km	A		
1,5	13,2900	0,70	3,06	0,80	4,74	31	30	29	24
2,5	7,9693	0,70	3,53	0,80	5,21	42	41	39	33
4	4,9408	0,70	4,08	0,80	5,76	58	55	52	44
6	3,2906	0,70	4,66	0,80	6,34	78	70	67	57
10	1,8928	0,70	5,65	0,80	7,33	120	98	93	79
16	1,2036	0,70	6,54	0,90	8,44	183	132	125	107
25	0,7717	0,90	8,21	1,00	10,31	280	176	167	142
35	0,5484	0,70	9,38	1,10	11,66	380	218	207	176
50	0,3815	1,00	11,08	1,20	13,58	537	276	262	221
70	0,2609	1,10	13,05	1,20	15,55	752	347	330	278
95	0,2038	1,10	15,24	1,30	17,94	980	416	395	333
120	0,1592	1,20	17,26	1,30	19,96	1254	488	464	390
150	0,1281	1,40	19,31	1,40	22,23	1549	566	538	453
185	0,1048	1,60	21,40	1,60	24,72	1893	644	612	515
240	0,0793	1,70	27,77	1,70	31,31	2593	775	736	620

CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO PV XLPE 2000 V 90°C SR

Conductor		Aislamiento		Peso Total Aproximado	Ampacidad ⁽²⁾	
Calibre	Resistencia Eléctrica DC a 20°C	Espesor Nominal	Diametro Aproximado		Un Cable al Aire	Hasta Tres Conductores en Ducto
AWG	Ω/km	mm	mm	kg/km	A	
14	8,4443	1,90	5,92	50	30	23
12	5,3149	1,90	6,42	65	41	30
10	3,3436	1,90	7,06	88	56	41
8	2,1021	2,16	8,36	126	78	55
6	1,3226	2,16	9,42	182	106	73
4	0,8478	2,16	10,44	263	141	96
2	0,5332	2,16	11,90	389	190	129
1/0	0,3351	2,67	14,94	604	259	172
2/0	0,2659	2,67	16,08	739	300	194
4/0	0,1688	2,67	19,52	1140	405	260
250	0,1429	3,05	21,56	1365	455	290
500	0,0728	3,05	30,69	2650	703	430

Notas:

Los datos aquí registrados son nominales y están sujetos a las tolerancias según las normas y las prácticas normales de fabricación. Otras configuraciones y calibres no especificados en este catálogo, están disponibles bajo pedido.

(1) Criterios de ampacidad según UNE (Tabla A.3), temperatura conductor de 120°C y temperatura ambiente de 60°C.

(2) Capacidad de corriente según NTC 2050 (NEC), temperatura conductor de 90°C y temperatura ambiente de 30°C.



Planta de Producción
Calle 10 No. 38-43 Urb. Industrial
Acopi Yumbo, Colombia
PBX (57-2) 608 3400 - 392 0200



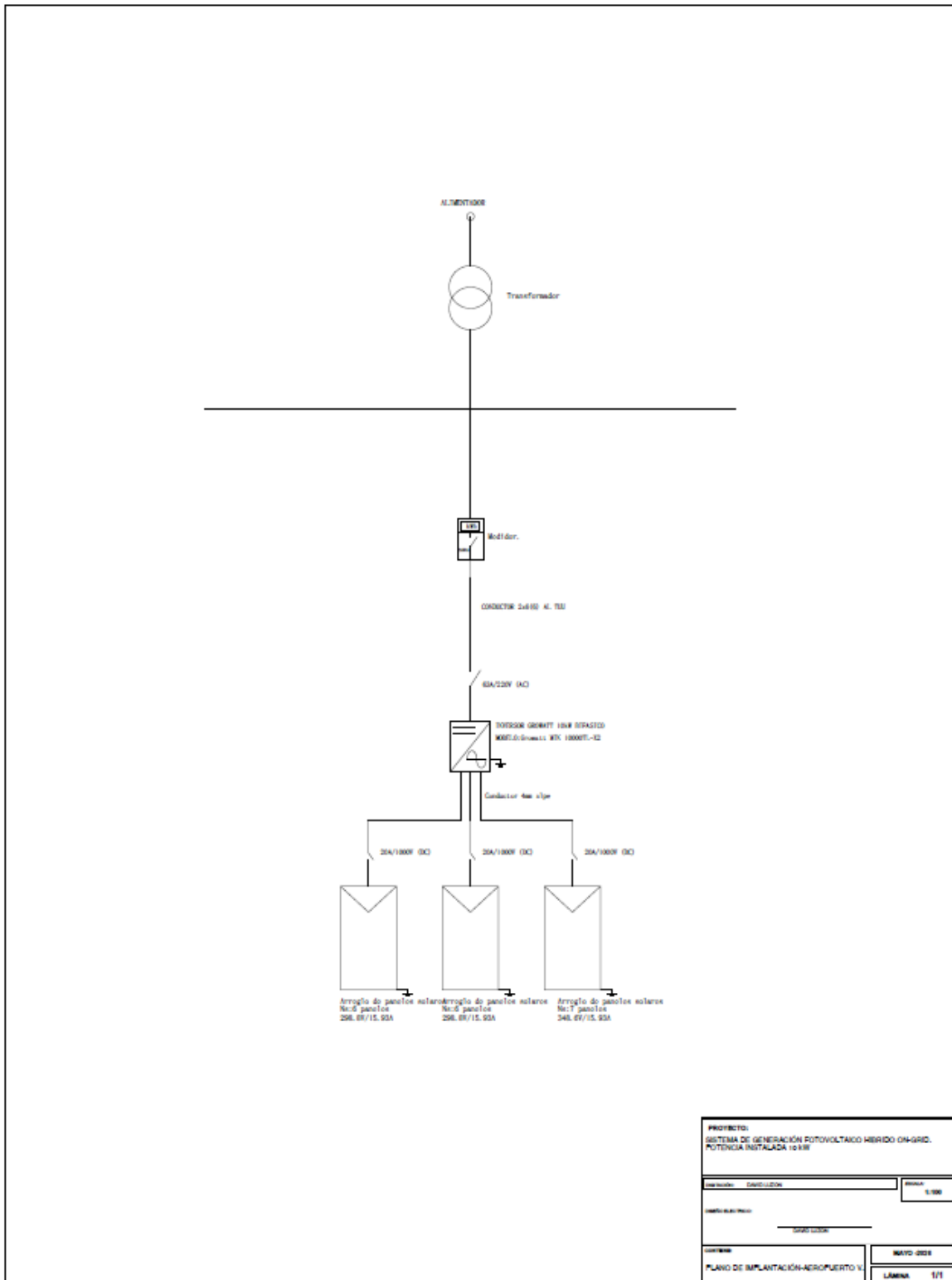
(*) Con base en los certificados aquí dispuestos de forma general, por favor en productos específicos, pedir los certificados en nuestra página web.

Síguenos en nuestras redes sociales:

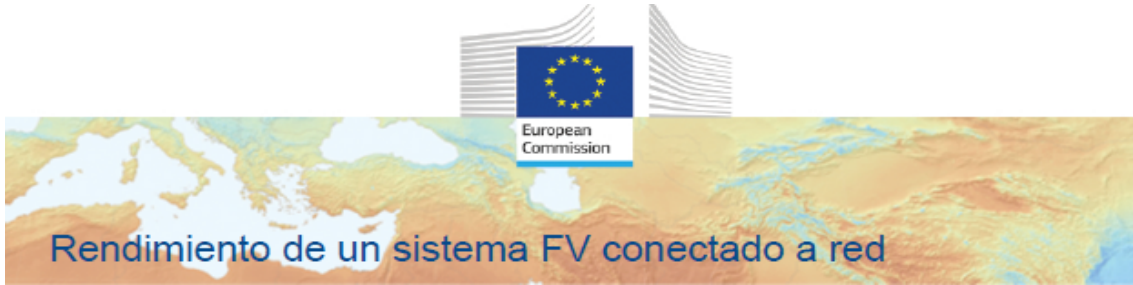


www.centelsa.com

ANEXO 5 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico.



ANEXO 6 Resultados completos de simulación PVGIS (reportes detallados).



PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

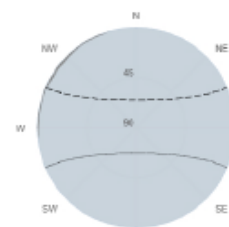
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: -0.945,-90.955
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-ERA5
 Tecnología FV: Cryst Si 2025
 FV instalado: 11.88 kWp
 Pérdidas sistema: 10 %

Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 15 °
 Ángulo de azimut: 0 °
 Producción anual FV: 20538.27 kWh
 Irradiación anual: 2128.94 kWh/m²
 Variación interanual: 293.08 kWh
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -2.89 %
 Efectos espectrales: NaN %
 Temperatura y baja irradiancia: -7 %
 Pérdidas totales: -18.72 %

Perfil del horizonte en la localización seleccionada

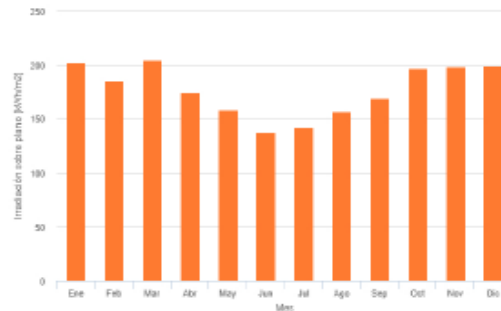


■ Altura del horizonte
 - - Elevación solar: Junio
 — Elevación solar: Diciembre

Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E _m	H(i) _m	SD _m
Enero	1947.5	202.7	76.9
Febrero	1780.0	185.5	81.9
Marzo	1934.3	204.7	76.2
Abril	1663.3	174.6	82.7
Mayo	1522.3	157.9	50.2
Junio	1341.3	138.2	33.0
Julio	1391.3	142.6	41.4
Agosto	1534.4	158.9	65.8
Septiembre	1648.6	168.6	47.0
Octubre	1920.2	197.1	95.2
Noviembre	1931.8	198.6	79.1
Diciembre	1943.1	199.6	90.8

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].
 H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].
 SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].



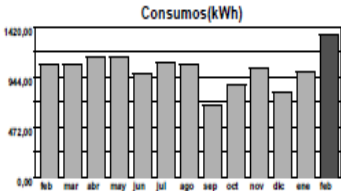

Le Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre que instalaciones y los países de la Unión Europea en general. El usuario puede proporcionar información precisa y actualizada. La información de salida de las series que se nos ofrecen. No obstante, la Comisión acepta toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web. Aunque hacemos lo posible por reducir al mínimo los errores técnicos, algunos datos o informaciones contenidas en nuestra web pueden haberse creado o actualizado en versiones o formatos no estables de datos, y no podemos garantizar que esta información o datos de alguna manera se verifiquen. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los contenidos que pueden surgir al utilizar esta web o datos extraídos con enlaces al mismo. Para obtener más información, por favor visite https://ec.europa.eu/info/energy_en



PVGIS © Unión Europea, 2001-2026.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2026/05/01

ANEXO 7 Facturas de consumo eléctrico del sitio (enero, febrero y marzo respectivamente).

	Empresa Eléctrica Provincial Galápagos Matriz: Española S/N y Juan José Flores s/n Ruc: 0991500008001 Contribuyente especial, resolución No. 588 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD	Nro. factura 001-008-001741148 Nro. doc. interno 1302906234 Fecha de emisión 08-02-2026 Fecha de vencimiento 21-02-2026 Número de autorización 0802202601099150000800120010060017411480212908518																													
	 K200029479363																														
Información del Consumidor		VALOR TOTAL: 155,63																													
CUENTA CONTRATO 200029479363																															
Razón social GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICI PAL DE ISABELA (GAD MUNICIPAL DE ISABELA) RUC 2060000310001	Código Único Eléctrico 1900030752 Tipo de tarifa ARCONEL BTGGSD01 - BT Comercial Geocódigo 1904M202000001	Unidad de Lectura 1904M202																													
Dirección del servicio URB. AEROPUERTO / PUERTO VILLAMIL - ISABELA																															
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público																															
Número de medidor leído 1709016134 Tipo de consumo Fecha desde 08-01-2026	Días facturados 30 Fecha hasta 04-02-2026																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Fecha Hasta</th> <th>Lectura Actual</th> <th>Lectura Anterior</th> <th>Diferencia Consumo</th> <th>Consumo Subtotal</th> <th>Consumo interno Transformador</th> <th>Consumo Total</th> <th>Unidad Medida</th> <th>Monto (\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Energía activa total</td> <td>04-02-2026</td> <td>35828,00</td> <td>34474,00</td> <td></td> <td>1352,00</td> <td>0,00</td> <td>1352,00</td> <td>kWh</td> <td>135,98</td> </tr> </tbody> </table>										Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)	Energía activa total	04-02-2026	35828,00	34474,00		1352,00	0,00	1352,00	kWh	135,98		
Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)																						
Energía activa total	04-02-2026	35828,00	34474,00		1352,00	0,00	1352,00	kWh	135,98																						
2. Valores Pendientes						Servicio Eléctrico y Alumbrado Público																									
<table border="1"> <tr> <td>VALORES PENDIENTES (2)</td> <td style="text-align: right;">0,00</td> </tr> </table>		VALORES PENDIENTES (2)	0,00					<table border="1"> <tr> <td>Valor Consumo</td> <td style="text-align: right;">135,98</td> </tr> <tr> <td>Comercialización</td> <td style="text-align: right;">1,41</td> </tr> <tr> <td>Subtotal Servicio Eléctrico (SE)</td> <td style="text-align: right;">137,37</td> </tr> <tr> <td>Servicio Alumbrado Público General</td> <td style="text-align: right;">11,03</td> </tr> <tr> <td>Subtotal Alumbrado Público (APG)</td> <td style="text-align: right;">11,03</td> </tr> <tr> <td>Base I.V.A. 0%</td> <td style="text-align: right;">148,40</td> </tr> <tr> <td>I.V.A. 0%</td> <td style="text-align: right;">0,00</td> </tr> <tr> <td>TOTAL SE Y APG (1)</td> <td style="text-align: right;">148,40</td> </tr> </table>				Valor Consumo	135,98	Comercialización	1,41	Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	137,37	Servicio Alumbrado Público General	11,03	Subtotal Alumbrado Público (APG)	11,03	Base I.V.A. 0%	148,40	I.V.A. 0%	0,00	TOTAL SE Y APG (1)	148,40				
VALORES PENDIENTES (2)	0,00																														
Valor Consumo	135,98																														
Comercialización	1,41																														
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	137,37																														
Servicio Alumbrado Público General	11,03																														
Subtotal Alumbrado Público (APG)	11,03																														
Base I.V.A. 0%	148,40																														
I.V.A. 0%	0,00																														
TOTAL SE Y APG (1)	148,40																														
3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor																															
<table border="1"> <tr> <td>PLANES DE FINANCIAMIENTO (3)</td> <td style="text-align: right;">0,00</td> </tr> </table>										PLANES DE FINANCIAMIENTO (3)	0,00																				
PLANES DE FINANCIAMIENTO (3)	0,00																														
Formas de Pago						Subsidios del Gobierno																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FORMA DE PAGO</th> <th>VALOR</th> <th>PLAZO</th> <th>TIEMPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO</td> <td style="text-align: right;">148,40</td> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">días</td> </tr> </tbody> </table>			FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO	OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	148,40	15	días	<table border="1"> <tr> <td>Subsidio Tarifa Eléctrica</td> <td style="text-align: right;">66,16-</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td style="text-align: right;">66,16-</td> </tr> </table>			Subsidio Tarifa Eléctrica	66,16-	TOTAL	66,16-	<p>*La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino únicamente la constancia de recibir un servicio público.*</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TOTAL (A)</td> </tr> <tr> <td>Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)</td> <td style="text-align: right;">148,40</td> </tr> <tr> <td>Valores Pendientes (2)</td> <td style="text-align: right;">0,00</td> </tr> <tr> <td>Planes de Financiamiento (3)</td> <td style="text-align: right;">0,00</td> </tr> <tr> <td>TOTAL SECTOR ELECTRICIDAD (1+2+3)</td> <td style="text-align: right;">148,40</td> </tr> </table>				TOTAL (A)		Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	148,40	Valores Pendientes (2)	0,00	Planes de Financiamiento (3)	0,00	TOTAL SECTOR ELECTRICIDAD (1+2+3)	148,40
FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO																												
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	148,40	15	días																												
Subsidio Tarifa Eléctrica	66,16-																														
TOTAL	66,16-																														
TOTAL (A)																															
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	148,40																														
Valores Pendientes (2)	0,00																														
Planes de Financiamiento (3)	0,00																														
TOTAL SECTOR ELECTRICIDAD (1+2+3)	148,40																														



Empresa Eléctrica Provincial Galápagos
Matriz: Española S/N y Juan José Flores s/n
Ruc: 099150006001
Contribuyente especial, resolución No. 588
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Nro. factura 001-006-001762180
Nro. doc. interno 1962908550
Fecha de emisión 12-03-2026
Fecha de vencimiento 27-03-2026
Número de autorización
1203202601099150000600120010060017621800212906516



VALOR TOTAL: 142,28

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200029479363 **Código Único Eléctrico** 190030752
Razón social GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICI PAL DE ISABELA (GAD MUNICIPAL DE ISABELA)
RUC 206000310001 **Tipo de tarifa** ARCONEL BTCGSD01 - BT Comercial **Unidad de Lectura** 1904M202
Geocódigo 1904M202000001
Dirección del servicio URB: AEROPUERTO / PUERTO VILLAMIL - ISABELA

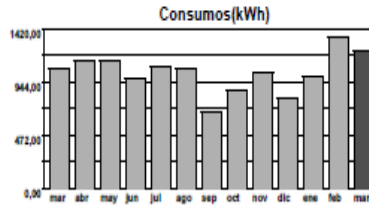
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 1709016134
Tipo de consumo leído **Días facturados** 28
Fecha desde 05-02-2026 **Fecha hasta** 04-03-2026

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía activa total	04-03-2026	37058,00	35826,00		1232,00	0,00	1232,00	kWh	123,60

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2) 0,00



Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo	123,60
Comercialización	1,41
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	125,01
Servicio Alumbrado Público General	10,04
Subtotal Alumbrado Público (APG)	10,04
Base I.V.A. 0%	135,05
I.V.A. 0%	0,00
TOTAL SE Y APG (1)	135,05

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3) 0,00



Subsidios del Gobierno

Subsidio Tarifa Eléctrica	60,58
TOTAL	60,58

"La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino únicamente la constancia de recibir un servicio público."

Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	135,05	15	dias

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	135,05
Valores Pendientes (2)	0,00
Planes de Financiamiento (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELECTRICO (1+2+3)	135,05



Empresa Eléctrica Provincial Galápagos
Matriz: Española S/N y Juan José Flores s/n

Ruc: 0991500006001
Contribuyente especial, resolución No. 588
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD



Nro. factura 001-008-001776133
Nro. doc. interno 1942937911
Fecha de emisión 08-04-2028
Fecha de vencimiento 23-04-2028
Número de autorización 0804202801099150000600120010080017761330212906519

VALOR TOTAL: 170,76

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200029479363 **Código Único Eléctrico** 1900030752
Razón social GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICI PAL DE ISABELA (GAD MUNICIPAL DE ISABELA)
RUC 2060000310001 **Tipo de tarifa** ARCONEL BT CGSD01 - BT Comercial
Geocódigo 1904M202000001 **Unidad de Lectura** 1904M202
Dirección del servicio URB: AEROPUERTO / PUERTO VILLAMIL - ISABELA

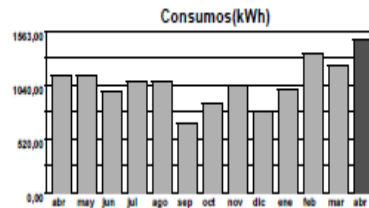
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 1709016134
Tipo de consumo leído **Días facturados** 33
Fecha desde 05-03-2026 **Fecha hasta** 08-04-2026

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía activa total	08-04-2026	38548,00	37058,00		1488,00	0,00	1488,00	kWh	149,96

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2)	0,00
------------------------	------



Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo	149,96
Comercialización	1,41
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	151,37
Servicio Alumbrado Público General	12,16
Subtotal Alumbrado Público (APG)	12,16
Base I.V.A. 0%	163,53
I.V.A. 0%	0,00
TOTAL SE Y APG (1)	163,53

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3)	0,00
------------------------------	------



Subsidios del Gobierno

Subsidio Tarifa Eléctrica	72,50-
TOTAL	72,50-

"La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino únicamente la constancia de recibir un servicio público."

Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	163,53	15	días

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	163,53
Valores Pendientes (2)	0,00
Planes de Financiamiento (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELECTRICO (1+2+3)	163,53