

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO
RESIDENCIAL AUTÓNOMO PARA CONSUMO NIVEL 1**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA ELÉCTRICA**

MICHELLE CAROLINA DOMÍNGUEZ VARGAS

michelle.dominguez@epn.edu.ec

DIRECTORA: PATRICIA ELIZABETH OTERO VALLADARES

patricia.otero@epn.edu.ec

DMQ, agosto 2024.

CERTIFICACIONES

Yo, MICHELLE CAROLINA DOMÍNGUEZ VARGAS declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

MICHELLE CAROLINA DOMÍNGUEZ VARGAS

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por MICHELLE CAROLINA DOMÍNGUEZ VARGAS, bajo mi supervisión.

ING. PATRICIA ELIZABETH OTERO VALLADARES
DIRECTORA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

MICHELLE CAROLINA DOMÍNGUEZ VARGAS

PATRICIA ELIZABETH OTERO VALLADARES

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la persona más importante en mi vida, a quien me motivó a seguir mis sueños y siempre estuvo a mi lado, mi papá. Sin duda alguna, la mayor recompensa luego de todos estos años de estudio es poder decir que somos colegas y tener presente la esperanza de algún día ser tan buena como él. No me alcanzan las palabras para expresar todo el amor que siento por mi papá, pero me resta una vida para demostrar todo lo que me enseña cada día y por qué para mi es el mejor papá del mundo.

A Patricio, Dora, Juan Diego y Andrés, mis papás y hermanos. A medida que el tiempo pasa aprendí que son lo único con lo que cuento incondicionalmente sea cual sea la situación, cada uno de ustedes tiene un gran espacio en mi corazón. Me encanta que a pesar de la distancia sigamos siendo la familia unida de siempre, mi motivación más grande siempre serán ustedes y todos mis logros son y serán para los cinco, porque somos un equipo para toda la vida.

Con amor Carito.

AGRADECIMIENTO

A mi papá, mi ejemplo a seguir, por cobijarme con su cariño y por nunca dejarme sola. Papito nunca me cansaré de agradecerle, por siempre escucharme y darme su cálido amor cada vez que necesito, gracias de todo corazón por ayudarme a que todo en mi vida sea más fácil y por todo su apoyo durante la carrera.

A mi mamá, por su amor incondicional, muchas gracias mami por nunca dejar que me rinda, por esperarme con mucho cariño cada fin de semana y sobre todo por enseñarme a ser fuerte.

A dos personas que fueron mis ángeles todos los años que vivieron a mi lado, mis abuelitos Delia y Remigio, gracias por recibirme con los brazos abiertos cada vez que volvía, pese a la distancia el amor nunca disminuyó y aunque ahora ya no se encuentren presentes físicamente, estoy segura que desde el cielo siempre me cuidan y nada me hace más feliz que ser su orgullo.

A mi hermano Juan Diego, mi persona favorita, por siempre estar a mi lado, mi chiquito gracias a ti supe que alguien seguía mis pasos y me esforcé cada día por ser alguien mejor.

A mi hermano Andrés, por su apoyo total, por ayudarme a ver las cosas de manera distinta y así ser alguien mejor.

A mis amigos Israel, Santiago, Daniela, Juan Esteban, Ginger, Nicolás y David, por hacer que esta etapa de mi vida sea increíble y por siempre estar dispuestos a brindarme su ayuda. Fueron mi salvavidas y nunca me cansaré de darles las gracias.

A Andre, Kathy, Sara y Less, por siempre escucharme y por ser mi lugar seguro cada vez que volvía a mi hogar, gracias por ser unas buenas amigas y por todo el cariño en estos años de amistad.

A Daniel, por esa felicidad que le agrega a cada momento que vivimos juntos.

A la Ing. Patricia Otero, por toda su amabilidad, apoyo y paciencia a lo largo de la realización de este trabajo de titulación.

A todas las personas que tengan interés de leer este trabajo el cual tuve el gusto de realizar.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1	Objetivo general	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
1.3	Alcance.....	2
1.4	Marco teórico.....	3
1.4.1	Energía Solar.....	3
1.4.2	Radiación solar en Ecuador.....	4
1.4.3	Instalación solar fotovoltaica.....	5
1.4.4	Sistemas fotovoltaicos autónomos.....	6
1.4.5	Paneles fotovoltaicos.....	6
1.4.6	Regulador de carga	8
1.4.7	Baterías	8
1.4.8	Inversor de voltaje DC-AC	9
1.4.9	Cableado	10
1.4.10	Elementos de protección	11
1.4.11	Demanda energética	11
1.4.12	Instalaciones domiciliarias	11
1.4.13	Software PV sol	13
2.	METODOLOGÍA.....	14
2.1	Localización del área de estudio.....	14
2.2	Cálculo estimado de la radiación solar.....	14
2.3	Ángulo de inclinación.....	15
2.4	Estimación de la carga y consumo	16
2.5	Dimensionado de la planta fotovoltaica.....	17
2.5.1	Obtención del consumo medio diario.....	18
2.5.2	Obtención de la carga corregida.....	18
2.5.3	Obtención de la corriente del proyecto.....	19
2.5.4	Obtención del número de paneles	19
2.5.5	Dimensionado del inversor	21
2.5.6	Dimensionado del banco de baterías.....	22
2.5.7	Dimensionado del regulador de carga	24
2.5.8	Dimensionado de los conductores	25
2.5.9	Elementos de protección	32
2.6	Presupuesto de la instalación	33
3.	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36

3.1	Resultados	36
3.2	Conclusiones	39
3.3	Recomendaciones	40
4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
5.	ANEXOS.....	44

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño de un sistema de generación fotovoltaico residencial autónomo para consumo nivel 1, el cual suministrará energía a una vivienda ubicada en San Juan de Ilumán-Ibarra, Ecuador.

Los sistemas fotovoltaicos convierten la radiación solar en electricidad utilizando paneles solares. Estos sistemas incluyen, además del panel fotovoltaico, baterías para almacenamiento, reguladores de carga, inversores de voltaje, cableado y elementos de protección. En el capítulo 1 a más de describir todos estos elementos, se realiza un análisis de la radiación solar con todos sus componentes.

En el capítulo 2 se encuentra el dimensionamiento de cada elemento utilizado en la instalación solar FV, éste se realiza en función de la estimación de la demanda energética, el consumo diario y consumo mensual estimado en [kWh]. Se realiza el cálculo del costo de la instalación fotovoltaica para las condiciones descritas.

El capítulo 3 muestra los resultados de la simulación realizada mediante el software PV sol y el análisis de eficiencia operativa del sistema.

Dada la alta radiación solar constante en Ecuador, los sistemas fotovoltaicos son una solución efectiva y sostenible para los habitantes de estas comunidades. Estos sistemas no solo mejoran la calidad de vida al proporcionar acceso a la electricidad y muchos otros beneficios que de ello se deriva, sino que también promueven el uso de energía limpia y renovable en favor y cuidado del medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: demanda, energía solar, sistema fotovoltaico.

ABSTRACT

This work presents the design of an autonomous residential photovoltaic generation system for level 1 consumption, which will supply energy to a house located in San Juan de Ilumán-Ibarra, Ecuador.

Photovoltaic systems convert solar radiation into electricity using solar panels. These systems include, in addition to the photovoltaic panel, batteries for storage, charge regulators, voltage inverters, wiring and protection elements. In Chapter 1, in addition to describing all these elements, an analysis of the solar radiation with all its components is made.

Chapter 2 contains the sizing of each element used in the solar PV installation, based on the estimated energy demand, daily consumption and estimated monthly consumption in [kWh]. The cost of the photovoltaic installation is calculated for the described conditions.

Chapter 3 shows the results of the simulation performed using PV sol software and the analysis of the system's operating efficiency.

Given the high constant solar radiation in Ecuador, photovoltaic systems are an effective and sustainable solution for the inhabitants of these communities. These systems not only improve the quality of life by providing access to electricity and many other benefits derived from it, but also promote the use of clean and renewable energy in favor and care of the environment.

KEYWORDS: demand, photovoltaic system, solar energy.

1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

En el Ecuador el índice de cobertura del servicio público de energía eléctrica es del 97,7%, el porcentaje restante pertenece a zonas rurales, las cuales, por su lejanía y difícil acceso, no cuentan con redes de energía eléctrica por lo que sus habitantes no tienen acceso al uso de electrodomésticos, alumbrado público, uso de medios de refrigeración de alimentos y mucho menos al uso de un computador, televisión o radio [1].

Este es el caso de varias parroquias ubicadas en la sierra ecuatoriana, como San Juan de Ilumán. Estas necesidades insatisfechas de varias familias de escasos recursos se podrían resolver generando electricidad por medio de sistemas fotovoltaicos autónomos [1]. El acceso a la electricidad permite cubrir necesidades básicas del ser humano, ya que por medio de esta se posibilita la disponibilidad de información que podría ser transformada en conocimiento.

Los sistemas fotovoltaicos producen energía eléctrica directamente de la radiación solar, esta función básica de convertir la radiación solar en electricidad es realizada por el panel fotovoltaico [2]. Este sistema está conformado básicamente de un panel fotovoltaico (generador fotovoltaico), una batería (sistema de acumulación), un regulador de carga (equipo de control), inversores de voltaje, cableado y elementos de protección [2], [3].

Teniendo en cuenta que el Ecuador cuenta con uno de los mayores índices de radiación solar el cual es constante la mayor parte del año, el uso de sistemas fotovoltaicos se vuelve la mejor solución ante esta problemática, ya que se usa energía renovable y por ende se promueve el cuidado al medio ambiente [4].

Este componente considera un consumo de nivel 1, basado en las categorías tarifarias residenciales vigentes, para realizar el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo que abastezca a las viviendas durante todo el año. Este diseño se entregará a los gobiernos autónomos descentralizados (GAD). Debido a que este es un sistema aislado de la red, las empresas distribuidoras son las encargadas de la instalación y mantenimiento, y la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables se encarga de los temas tarifarios, por lo que estas dos entidades pueden plantearse servir de apoyo a los GAD y a su población.

Este trabajo se encuentra asociado al proyecto de vinculación con financiamiento "PVIF-22-12: Divulgación de conocimientos sobre Instalaciones Eléctricas, Riesgos Eléctricos, Eficiencia Energética y Energías Renovables para las comunidades de parroquias rurales

del Ecuador”, el cual incluye a objetivos como el brindar asesoría técnica a los GAD en temas de ahorro energético, eficiencia energética y energías renovables.

1.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de generación fotovoltaico residencial autónomo para consumo nivel 1.

1.2 Objetivos específicos

1. Revisar y analizar información bibliográfica acerca de sistemas fotovoltaicos autónomos y sus respectivos componentes.
2. Determinar la demanda de energía requerida para un consumo residencial nivel 1.
3. Diseñar un sistema fotovoltaico que abastezca un nivel 1 de consumo residencial, elaborar las especificaciones técnicas y presupuesto.
4. Realizar un análisis de la producción y consumo de energía del sistema fotovoltaico diseñado.

1.3 Alcance

El proyecto consiste en diseñar el prototipo de un sistema de generación fotovoltaico autónomo residencial para un consumo nivel 1, de acuerdo a las necesidades energéticas de los usuarios. Para ello se inicia con un proceso de investigación bibliográfica acerca de los componentes de un sistema fotovoltaico aislado, entre los cuales están: panel fotovoltaico, regulador de carga, baterías, inversores de voltaje, cableado y elementos de protección.

Por otro lado, se debe partir de la información de las cargas residenciales asociadas a satisfacer las necesidades energéticas diarias de una familia, se toma como base los niveles de consumo establecidos en el pliego tarifario vigente. Esta información en conjunto con los datos de irradiación solar de una determinada ubicación geográfica sirve para realizar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo y de todos sus componentes.

Finalmente, se elaborará el presupuesto del diseño y se cuantificará la energía que generará anual, con el fin de realizar el análisis de resultados y emitir conclusiones y recomendaciones.

1.4 Marco teórico

La energía solar se ha convertido en una de las fuentes de energía renovable más prometedoras y accesibles en la actualidad. Los sistemas fotovoltaicos, que convierten la luz solar directamente en electricidad mediante el uso de celdas solares, representan una solución eficiente y sostenible para la generación de energía. Estos sistemas son capaces de abastecer tanto a pequeñas viviendas como a grandes instalaciones industriales, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero. La implementación de tecnología fotovoltaica no solo contribuye al desarrollo energético sostenible, sino que también promueve la independencia energética y el ahorro económico a largo plazo, haciendo de la energía solar una opción viable y atractiva para el futuro energético global.

1.4.1 Energía Solar

Todos los ciclos naturales se dan gracias a la presencia del sol, y el movimiento de cada ciclo origina diversas energías renovables, tales como la hidráulica, eólica y biomasa, entre otras. La energía solar producida se propaga por el universo como ondas electromagnéticas y llega a la superficie terrestre en forma de radiación directa o difusa, que se combinan con la radiación reflejada para formar la radiación global [5].

- *Radiación directa:* este tipo de radiación no experimenta atenuaciones durante su recorrido, por lo que generalmente solo ocurre en días con notable presencia del sol [1].
- *Radiación difusa:* es una radiación que atraviesa partículas de agua, polvo, smog y nubes, lo que hace que llegue bastante atenuada a la superficie de la tierra, generalmente ocurre cuando se tienen días nublados [1].
- *Radiación reflejada:* es la radiación resulta de la reflexión de la radiación solar en el suelo y en otros objetos [6].
- Radiación global: es la suma de las tres radiaciones mencionadas anteriormente [6].

Los tipos de radiaciones y las direcciones que toma cada una se pueden observar en la figura 1.1, en el caso de sistemas fotovoltaicos se usa principalmente la radiación directa y la radiación difusa.

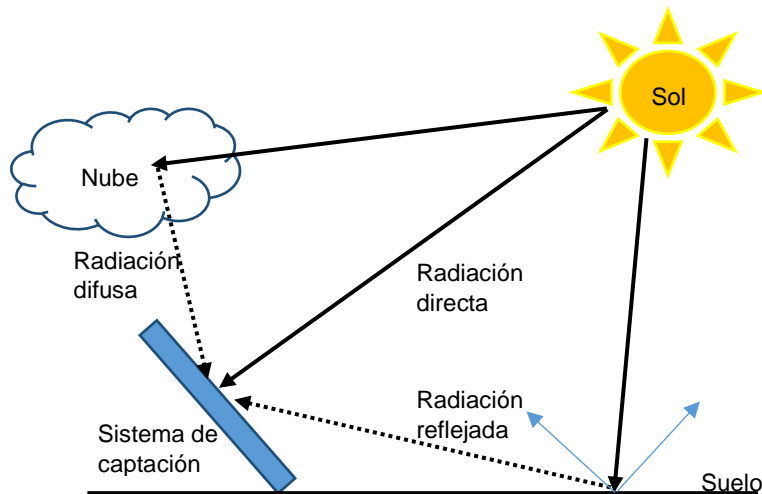


Figura 1.1. Tipos de radiaciones [6]

Existen otros dos conceptos básicos dentro del estudio de la energía solar, la irradiación y la irradiancia, desde un punto de vista científico se puede decir que:

- Irradiancia solar: es una medida de potencia que en el caso de aplicaciones fotovoltaicas se expresa en $\frac{W}{m^2}$ y representa la cantidad de radiación solar que impacta una superficie durante un tiempo determinado. El pico máximo de irradiancia ocurre en la zona ecuatorial, en la época de verano al medio día. Los factores que influyen en la irradiancia de cualquier lugar incluyen la época del año, la hora del día y las condiciones atmosféricas [1].
- Irradiación solar: es una medida de energía que en el caso de aplicaciones fotovoltaicas se expresa en $\frac{kWh}{m^2}$ y se refiere a la cantidad de irradiancia solar que impacta una superficie durante un período específico. Como es una magnitud derivada de la irradiancia solar, su pico máximo se presenta en la misma época, hora y zona. La irradiación también está influenciada por factores como la estación del año, la hora del día y las condiciones atmosféricas [1].

Una gran ventaja que se tiene en los países ecuatoriales es el disponer de un buen recurso solar durante todo el año, debido a que no se experimenta el fenómeno de las estaciones [7].

1.4.2 Radiación solar en Ecuador

En la región ecuatoriana la radiación solar tiene un valor medio aproximado de 4200 [kWh/año], sin embargo, se presentan variaciones de más del 30% de una provincia a otra, y del 40% en comparación con las islas Galápagos. La diversidad de condiciones atmosféricas y condiciones topográficas, junto con el amplio rango de latitudes en el Ecuador, resultan en una gran variedad de situaciones de radiación, lo que influye en el

diseño de instalaciones fotovoltaicas. El Mapa de Recurso Solar del Ecuador se muestra en la figura 1.2, dentro del presente trabajo se realizará el diseño de una central fotovoltaica para la provincia de Imbabura, la cual como se puede observar tiene un gran potencial de radiación (de 4.4 a 4.8 kWh/día) [8].

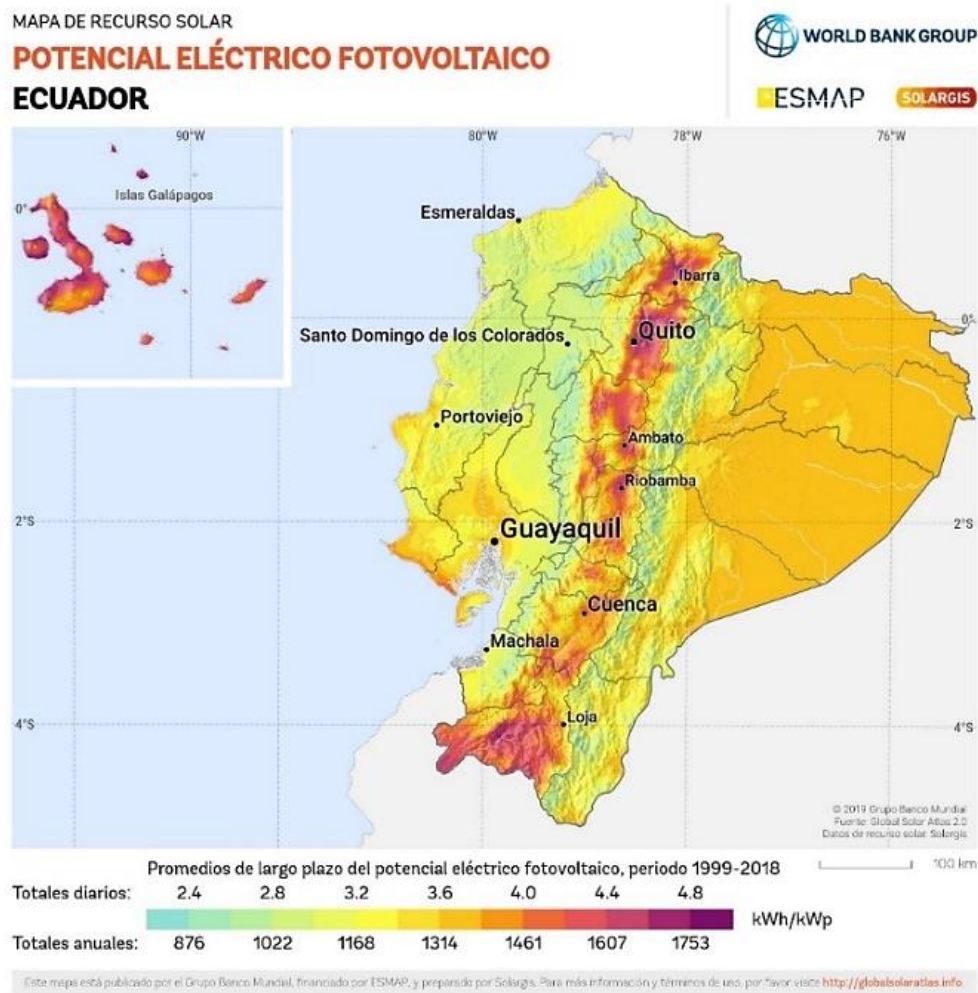


Figura 1.2. Potencial eléctrico fotovoltaico de las diferentes provincias del Ecuador [9]

1.4.3 Instalación solar fotovoltaica

Este tipo de instalación se encarga de capturar la energía proveniente del sol y la transforma en energía eléctrica, la cual puede ser usada en el funcionamiento de electrodomésticos, equipos eléctricos, entre otros. Este tipo de instalaciones pueden estar aisladas de la red eléctrica o conectadas a esta, en el primer caso son conocidas como “Off Grid”, mientras que si están conectadas y pueden inyectar energía eléctrica a la red pública se las denomina “On Grid” [1].

Los componentes principales de una instalación fotovoltaica son: paneles solares, equipos que se encargan de captar energía solar y transformarla; el regulador, el cual es un controlador encargado de cargar todos los equipos para poder almacenar energía; las baterías, que se encargan de acumular energía; el inversor de corriente DC/AC, el cual convierte la corriente directa en corriente alterna para de que de esta forma pueda ser usada por equipos eléctricos comerciales; el cableado y los elementos de protección [1].

En este diseño la instalación será aislada, ya que su futura implementación será en una zona rural que no cuenta con un acceso cercano a una red eléctrica [1].

1.4.4 Sistemas fotovoltaicos autónomos

Son instalaciones que convierten la energía solar en electricidad sin necesidad de estar conectados a la red eléctrica principal. Este tipo de sistemas fotovoltaicos satisfacen las necesidades energéticas de cargas específicas y se destacan por su simplicidad y fiabilidad. Son comúnmente utilizados en aplicaciones como la electrificación de viviendas, la iluminación pública, la señalización, en tratamiento de agua y en sistemas de bombeo, entre otros [5].

Un sistema fotovoltaico autónomo está conformado por los siguientes elementos, los cuales se muestran en la figura 1.3 [5].

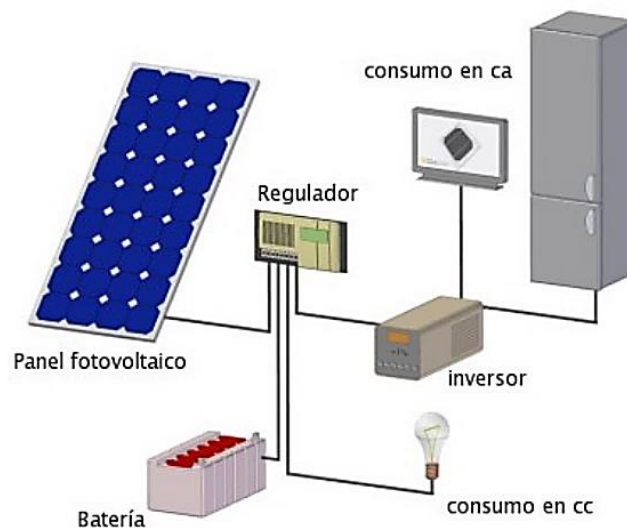


Figura 1.3. Esquema de una central fotovoltaica aislada [6]

1.4.5 Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos se conforman mediante celdas que operan según el principio del efecto fotoeléctrico, permitiendo que la energía solar se convierta en electricidad. La unidad básica de un panel o módulo fotovoltaico es una celda solar. Los paneles tienen esta

estructura debido a la fragilidad de los materiales empleados y a las técnicas modernas utilizadas para fabricar dispositivos de generación fotovoltaica [1].

La energía que proviene del sol se transforma directamente en electricidad mediante el proceso fotovoltaico interno de las celdas solares, las mismas que tienen una estructura comparable a la de un diodo y, como todos los semiconductores, están compuestas por una capa semiconductor tipo N y una capa semiconductor tipo P [1].

Una celda solar actúa como un transductor que presenta una diferencia de potencial de entre 0.5 y 1.0 voltios entre sus capas, con una densidad de corriente que varía entre 20 y 40 mA/cm² dependiendo del material que se utilice y las condiciones de la luz solar [3].

La mayor parte de las celdas solares comerciales están fabricadas con silicio. Aunque el silicio es un elemento abundante, no suele encontrarse en estado puro, ya que frecuentemente se combina con oxígeno formando SiO_2 . Para que pueda ser usado como semiconductor, es necesario aislarlo. Para lograr este proceso, se pueden utilizar varios métodos industriales que dan como resultado silicio con un cierto grado de pureza, aunque es necesario obtener al menos un grado de pureza, debido a que son económicas y eficientes, las celdas del tipo policristalino son las más utilizadas [3].

Los componentes de un panel se pueden observar en la figura 1.4, y se describen a continuación:

- Una caja metálica que alberga las celdas y los elementos eléctricos.
- Una placa con filas de celdas solares, soldadas y conectadas entre sí.
- Una cubierta transparente hecha de un material especial que resiste las condiciones climáticas.
- Un marco metálico diseñado para permitir la instalación en exteriores [3].

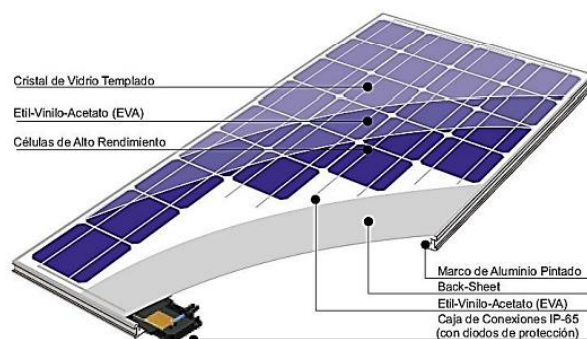


Figura 1.4. Partes del panel solar fotovoltaico [3]

Los paneles solares suelen estar cubiertos con un material transparente que los hace resistentes al agua y se montan con un marco metálico que facilita su instalación. Deben

ser colocados en un ángulo específico según la latitud del lugar, y se aconseja que este ángulo no debe ser inferior a 15 grados para permitir que la lluvia limpie los paneles. Aunque los costos de los paneles tienden a disminuir con el tiempo, actualmente representan entre el 35% y el 40% del costo total de una planta fotovoltaica [7].

1.4.6 Regulador de carga

Este elemento se encarga de controlar el flujo eléctrico desde los paneles hacia las baterías y desde las baterías hacia los dispositivos conectados al sistema. Esto significa que regula o interrumpe el flujo de corriente hacia las baterías cuando están completamente cargadas y corta la corriente desde las baterías al sistema cuando la carga es insuficiente [7].

El regulador es importante en una instalación fotovoltaica porque protege la vida útil de la batería y garantiza que esta tenga una buena operación, pero existen otro tipo de reguladores que también cumplen con funciones de cuidado de paneles y de todos los equipos que conforman la instalación [3].

Estos elementos son los encargados de gestionar la corriente máxima de carga, el voltaje máximo de carga y el voltaje mínimo de descarga para las baterías o acumuladores que reciben energía de los paneles solares. También previenen el flujo de corriente inversa, lo que evita que las baterías se descarguen a través de los paneles [1].

Los reguladores de serie y paralelo, también conocidos como reguladores shunt, están disponibles en una variedad de versiones según cómo funcionan durante los diversos ciclos carga de las baterías (carga, absorción, flotación e igualación) [1].



Figura 1.5. Regulador de carga [3]

1.4.7 Baterías

En un sistema solar fotovoltaico, las baterías son las encargadas de almacenar la electricidad generada por los paneles solares. Este almacenamiento permite que la energía esté disponible para su uso en cualquier momento que el usuario la requiera, transformándola según las necesidades [3]

Estas baterías son esenciales porque pueden entregar una corriente superior a la que producen los paneles solares. Esto quiere decir que, proporcionan la energía adicional que los paneles no generan directamente, asegurando así un suministro de electricidad más constante y confiable [3]

Las baterías más comunes dentro de sistemas fotovoltaicos son las de plomo - ácido, debido a que su costo es menor que las de níquel cadmio o las de ion litio. Sin embargo, este tipo de baterías tienen un gran inconveniente ya que se deterioran con facilidad cuando son sometidas a sobrecargas o a sobre descargas excesivas, su vida útil está entre 5 a 10 años. Por otro lado, se tiene una gran evolución de las baterías de litio, cuyo precio ha disminuido considerablemente y presentan la gran ventaja de tener vidas útiles de entre 8 a 10 años y además son de menor peso y tamaño [1].

Las baterías son el componente más caro durante la vida útil de un proyecto y también son una de las principales preocupaciones ambientales. Es crucial considerar el costo de reemplazo de las baterías al planificar la operación de los sistemas. Además, gestionar adecuadamente las baterías al final de su vida útil es una preocupación ambiental significativa y debe cumplir con las normativas ambientales vigentes en cada país [7].



Figura 1.6. Cuarto de baterías, Isla Fuerte [7]

1.4.8 Inversor de voltaje DC-AC

Los inversores de voltaje convierten corriente continua (DC) de los paneles solares o las baterías en corriente alterna (AC) para que los dispositivos eléctricos puedan utilizarla. Este dispositivo eleva el voltaje almacenado en las baterías (12, 24 o 48 voltios en DC) al nivel requerido por los electrodomésticos (120 o 220 voltios en AC) mediante un transformador [3].

En los sistemas fotovoltaicos, los inversores auto conmutados se conectan directamente a los terminales principales de las baterías para mantener un voltaje de entrada constante. Sin embargo, los dispositivos que utilizan resistencias, como calentadores, tostadoras y hornos, operan mejor con un inversor de onda senoidal modificada (MSW). Este tipo de

inversor mejora el funcionamiento de equipos electrónicos delicados, como lámparas fluorescentes, relojes digitales y sistemas de audio, reduciendo la distorsión armónica y minimizando el riesgo de sobrecalentamiento [5].

La eficiencia del inversor varía según la carga que maneje. Funciona de manera más eficiente cuando la carga está cerca de su capacidad nominal, pero su eficiencia disminuye cuando la carga es menor o mayor que la capacidad nominal [3].

Es crucial considerar la potencia máxima de la carga al dimensionar el inversor, ya que este valor está influenciado por la planificación energética del usuario. Para evitar picos de energía, es fundamental llevar a cabo un cálculo detallado de la distribución del consumo [3].



Figura 1.7. Inversor de onda pura [3]

1.4.9 Cableado

Las caídas de voltaje en los sistemas solares fotovoltaicos son muy comunes, lo que hace que el inversor tenga una corriente de salida más grande. Como los conductores del sistema son los principales culpables de las caídas de voltaje indeseables, es crucial que sean dimensionados correctamente. Las caídas de voltaje permitidas para los conductores en una instalación eléctrica se regulan en la Norma Ecuatoriana de Electricidad (NEC) 2017 [3].

Los cables utilizados en sistemas fotovoltaicos deben ser del tipo UF, diseñados para soportar la exposición solar y las condiciones meteorológicas. Para las conexiones de las partes móviles en los módulos fotovoltaicos, se sugiere usar cables flexibles y robustos, capaces de resistir el agua y la luz solar, y que cuenten con certificación para su uso en exteriores [3].

1.4.10 Elementos de protección

En las instalaciones solares fotovoltaicas, la batería es el componente más peligroso porque tiene una alta corriente de cortocircuito y contiene ácidos y libera gases inflamables. Por lo tanto, la batería y el regulador de carga deben ser protegidos. Los dos componentes deben estar protegidos tanto contra sobrecorriente como contra corrientes de cortocircuito. Los fusibles, diodos, disyuntores o interruptores termomagnéticos se pueden usar para proteger la línea del generador FV y la línea hacia las cargas [3].

1.4.11 Demanda energética

Para poder realizar una instalación solar fotovoltaica aislada es necesario saber cuánta energía debe ser suministrada, por lo que un primer paso es conocer la demanda energética. Para ello, se debe calcular la potencia total del sistema para un día, teniendo en cuenta las horas que estarán en funcionamiento los aparatos/electrodomésticos [6].

Para las cargas del sistema (electrodomésticos y otros aparatos a usar), según el Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica actual el consumo promedio de energía mensual para un cliente residencial, en bajo y medio voltaje, de nivel 1 es de 0 – 50 [kWh/mes] [10].

El diseño del sistema fotovoltaico contempla una autonomía de un día y medio, o en muchos casos, de dos días completos (48 horas). Es crucial instruir a toda la población sobre el uso adecuado de la energía para evitar conectar electrodomésticos o equipos grandes o antiguos, ya que estos pueden reducir la eficiencia global del sistema [7].

1.4.12 Instalaciones domiciliarias

Las instalaciones eléctricas deben proteger tanto a las personas como a los bienes de los diversos peligros asociados con el uso de electricidad. Además, deben cumplir con los estándares de calidad y asegurar una continuidad adecuada del servicio [11]

En la NEC muestra los requisitos esenciales que debe tener una instalación domiciliaria para garantizar una seguridad adecuada en las instalaciones eléctricas. A continuación, se presentarán los más relevantes [11]:

- *Para iluminación:* cada punto de luz debe tener una carga máxima de 100 Vatios [W] [11].
- *Para tomacorrientes:* cada enchufe debe tener una carga de 200 Vatios [W] [11].

La vivienda debe contar con circuitos separados para iluminación y tomacorrientes. Los cables de estos circuitos deben ser capaces de manejar al menos el 125% de la corriente máxima que se espera usar. Además, cada circuito debe tener su propio conductor neutro

o a tierra y debe estar protegido individualmente. La tabla 1.1 muestra la capacidad máxima de los interruptores según el tamaño del conductor [11]:

Tabla 1.1. Capacidad de protección en función del calibre del conductor [11]

Calibre del conductor AWG	14	12	10	8	6
Corriente máxima del interruptor (A)	15/16	20	30/32	40	50

A continuación, se muestra una tabla en la cual se definen las principales consideraciones que se deben tener presentes al momento de realizar una instalación domiciliaria:

Tabla 1.2. Consideraciones en una instalación domiciliaria [11]

Elemento	Consideración
Calibre del conductor del neutro	Debe ser igual al conductor de las fases
Circuitos de iluminación	Se debe emplear conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 2,5 mm ² (14 AWG) para la fase, el neutro y conductor de tierra
Circuitos de tomacorriente	Se usa conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 4 mm ² (12 AWG) para fase y el neutro
Calibre mínimo para un alimentador	El calibre mínimo recomendado para un alimentador, que va desde el medidor hasta el panel de distribución principal, es de No. 6 AWG de cobre aislado tipo THHN.
Identificación de las fases de los conductores	Debe seguir el código de colores especificado en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. Código de colores [11]

CÓDIGO DE COLORES	
CONDUCTOR	COLOR
Neutro	Blanco
Tierra	Verde, verde con franja amarilla
Fase	Rojo, azul, negro, amarillo o cualquier otro color diferente a neutro y tierra

1.4.13 Software PV sol

En el presente trabajo de titulación se realiza una simulación del sistema FV en el software PV sol, dado que se obtiene de forma gratuita se usa la versión de prueba la cual tiene una duración de 30 días. El software PV sol asegura la conexión de paneles fotovoltaicos tanto en modo autónomo, como conectados y desconectados de la red. Además, PV sol es compatible con diversos tipos de instalaciones, tales como montajes en tejados, tejados paralelos y espacios abiertos. Existen distintos métodos de acoplamiento, como el acoplamiento de CA y el acoplamiento de CC, para integrar el sistema renovable con la carga. Al inyectar energía renovable a la red, se consideran el número de fases, la tensión de red, la frecuencia y los factores de potencia [12].

Entre las características destacadas de este simulador, se encuentra su capacidad para evaluar el comportamiento del sistema fotovoltaico, teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos y ambientales. Esto incluye la consideración de las cargas que el sistema alimentará, el dimensionamiento de la batería y del módulo fotovoltaico, así como las especificaciones necesarias para la implementación de la instalación del sistema fotovoltaico [13].

2. METODOLOGÍA

En el desarrollo de la metodología del presente trabajo, primero se debe definir el área de estudio y calcular la estimación de la radiación solar en ese lugar, posteriormente se realiza el cálculo de estimación de la carga y el consumo, con toda esta información es posible dimensionar todos los elementos que conforman la planta de generación fotovoltaica. En esta sección se detalla paso a paso lo mencionado anteriormente, además se eligen elementos comerciales y se realiza un cálculo estimado del costo.

2.1 Localización del área de estudio

El lugar donde se va a realizar la investigación y posteriormente el diseño del sistema fotovoltaico aislado es San Juan de Ilumán, parroquia del cantón Otavalo en la provincia de Imbabura, se elige este lugar ya que este trabajo de integración curricular está asociado al proyecto PVIF-22-12 que tiene por objeto dar ayuda técnica a las parroquias rurales, entre estas San Juan de Ilumán, promoviendo el uso de energía renovable y la accesibilidad al servicio público de energía. Las coordenadas de la ubicación elegida son las siguientes: Latitud 0.29, Longitud -78.22. En la figura 2.1, se puede observar la vista satelital del lugar.

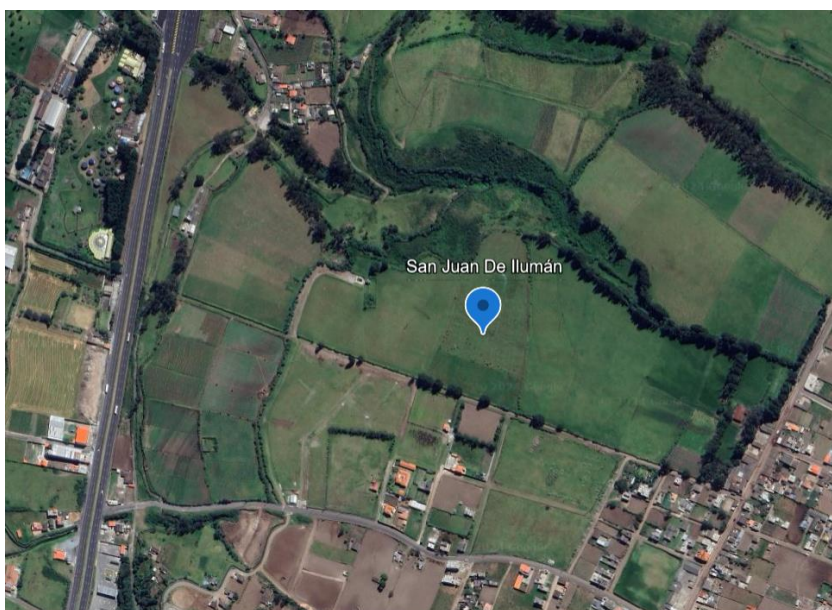


Figura 2.1 Vista satelital de la zona de investigación [14]

2.2 Cálculo estimado de la radiación solar

Para poder estimar la radiación solar en San Juan de Ilumán se usaron los datos proporcionados por la Calculadora PVWatts, donde se muestra un promedio diario de irradiación en el plano de campo $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$, la producción de CC del campo en kWh y la

producción de CA del sistema en kWh, estos datos son usados para observar y analizar el rendimiento de la instalación solar fotovoltaica. Los datos de latitud y longitud de la zona donde se va a realizar la investigación son de 0.29 y -78.22 respectivamente. Los datos de irradiación solar promedio aparecen en la tabla 2.1, además se muestran los datos de la producción de corriente continua del campo y la producción de corriente alterna del sistema.

Tabla 2.1. Datos obtenidos de la Calculadora PVWatts para la localidad de San Juan de Illumán [15]

Mes	Promedio diario de irradiación en el plano de campo (kWh/m²/día)	Producción de CC del campo (kWh)	Producción de CA del sistema (kWh)
Enero	5.84	582.454	555.961
Febrero	5.129	463.347	441.877
Marzo	4.701	471.526	449.029
Abril	4.321	419.084	398.535
Mayo	3.897	390.781	371.055
Junio	3.856	376.326	357.284
Julio	4.302	434.464	413.217
Agosto	4.657	467.468	445.027
Septiembre	5.368	521.754	497.564
Octubre	5.752	572.913	546.733
Noviembre	5.973	578.687	551.81
Diciembre	6.225	624.165	595.862

Dado que el consumo en el área de investigación es relativamente estable a lo largo del año, el diseño se evalúa considerando el mes con menor radiación solar. En este período, la relación entre la generación y el consumo no es óptima. Según los datos de la Tabla 2.1, el mes con menor radiación solar en San Juan de Illumán es junio, y tiene un valor de 3,856 (kWh/m²/día).

2.3 Ángulo de inclinación

Para establecer la inclinación adecuada de una superficie fija, es esencial tener en cuenta la orientación del panel solar: cuando se trabaja en el hemisferio norte, se debe orientar al panel hacia el sur y si se trabaja en el hemisferio sur el mismo debe ir orientado hacia el

norte. Dado que Ecuador está situado en la línea ecuatorial, su territorio se extiende en los dos hemisferios. San Juan de Illumán está ubicado en Imbabura, por lo que pertenece al hemisferio norte, por lo tanto, para el presente diseño, los paneles deben ser orientados hacia el sur.

Se sugiere aplicar una fórmula obtenida a partir de un análisis anual estadístico de la radiación solar, el mismo que se realiza en superficies con inclinaciones distintas y en varias latitudes. Esta fórmula calcula la inclinación óptima basada en la latitud del lugar. Para llevar a cabo este cálculo, se utilizó la ecuación 2.1 [16].

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \times |\phi|$$

Ecuación 2.1. Cálculo del ángulo óptimo

Donde:

β_{opt} : ángulo óptimo de inclinación (en grados)

$|\phi|$: latitud del área de estudio, sin signo (en grados)

Si se realiza este cálculo solo es necesaria la latitud de la zona de investigación, que en este caso es San Juan de Illumán y es de 0.29. Resolviendo la ecuación se tiene que el ángulo de inclinación óptimo es de 3,90°.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \times |0.29|$$

$$\beta_{opt} = 3,90^\circ$$

2.4 Estimación de la carga y consumo

Para el presente trabajo se realiza el cálculo de potencia para un nivel 1 de consumo en instalaciones residenciales por lo que el consumo promedio debería ser de aproximadamente 50 kWh.

Tabla 2.2. Cálculo de potencia y energía total diaria en un nivel residencial bajo [6], [7], [17]

Carga	Cantidad	Potencia [W]	Potencia total [W]	Horas	Energía diaria [Wh]
Licuada	1	500	500	0.25	125
Bombillas LED	3	10	30	4	120

Televisión satelital (decodificador)	1	40	40	3	120
Computador	1	70	70	4	280
TV	1	150	150	3	450
Toma para celular	2	20	40	1	40
Radio	1	100	100	5	500
		Total	930		1635

La tabla 2.2 muestra los valores que se obtienen para un día el cual es de 1635 [kWh], por lo que si se multiplica la energía diaria por 30 días del mes se tiene que la energía mensual total para un nivel residencial bajo es de 49.05 [kWh]. Además, es importante tener en cuenta que la potencia consumida por día es de 930 [W].

El voltaje de operación se puede establecer en función de la potencia instalada, que a su vez está vinculada con la energía consumida. Los voltajes estándar disponibles son: 12 V, 24 V, 48 V o 120 V. Teniendo en cuenta los datos proporcionados por la tabla 2.3 se debería tomar un voltaje de 12 V, sin embargo, por facilidad para el diseño y el dimensionado de todos sus componentes el sistema fotovoltaico autónomo del presenta trabajo usa un voltaje de 24 V [18].

Tabla 2.3. Cifras de voltaje nominal para el sistema a partir de la potencia instalada [19]

Potencia Instalada	Voltaje Nominal
$P < 1,5kW$	12V
$1,5kW < P < 5kW$	24V o 48V
$P > 5kW$	48V o 120V

2.5 Dimensionado de la planta fotovoltaica

En esta sección, se aborda el proceso de dimensionado de la planta fotovoltaica autónoma destinada a satisfacer las necesidades energéticas de un consumo nivel 1. Este proceso incluye la selección y cálculo de los componentes del sistema, tales como los paneles solares, reguladores de carga, baterías e inversores, asegurando que cada uno cumpla con los requisitos de eficiencia y capacidad necesarios para proporcionar un suministro energético confiable.

2.5.1 Obtención del consumo medio diario

Para este cálculo, es importante tener en cuenta como impacta el uso del inversor, así como la eficiencia de los cables y baterías. El cálculo abarca un sistema con cargas tanto de corriente continua como alterna, pero se debe considerar la eficiencia del inversor para las cargas de corriente alterna, ya que puede haber pérdidas de eficiencia. El consumo promedio diario, se obtuvo mediante la ecuación 2.2 [18].

$$E_{dm} = \frac{E_{dmCD} + \frac{E_{dmCA}}{\eta_i}}{\eta_{bat} + \eta_{cond}}$$

Ecuación 2.2. Fórmula para obtener el consumo medio diario

Donde:

E_{dm} : consumo diario medio.

E_{dmCD} : consumo diario medio en DC.

E_{dmCA} : consumo diario medio en AC.

η_i : eficiencia del inversor.

η_{bat} : eficiencia de la batería.

η_{cond} : eficiencia de conductores.

Para este cálculo se deben asumir algunos valores: $\eta_i = 90\%$, $\eta_{bat} = 90\%$ y $\eta_{cond} = 97\%$. Si se reemplazan los valores de eficiencia en la ecuación 2.2 se tiene que el consumo diario medio en San Juan de Illumán es de:

$$E_{dm} = \frac{0 + \frac{E_{dmCA}}{0,90}}{0,90 * 0,97}$$

$$E_{dm} = \frac{0 + \frac{1635}{0,90}}{0,90 * 0,97}$$

$$E_{dm} = 2080,95 \left[\frac{Wh}{día} \right]$$

2.5.2 Obtención de la carga corregida

Mediante la ecuación 2.3 se puede obtener el valor de Q, en esta fórmula aparece el consumo promedio diario previamente determinado y el voltaje nominal del sistema, que

en el caso de este proyecto es de 24 V. Con estos datos, el valor para la carga ajustada es de [20]:

$$Q = \frac{E_{dm}}{V_{ns}}$$

Ecuación 2.3. Cálculo de la carga corregida

Donde:

Q : carga corregida (Ah/día)

V_{ns} : voltaje nominal del sistema (V).

$$Q = \frac{2080,95}{24}$$

$$Q = 86,71 \left[\frac{Ah}{día} \right]$$

2.5.3 Obtención de la corriente del proyecto

Para obtener la corriente requerida, se utilizan los datos de carga corregida y las horas promedio de sol diario. La ecuación 2.4 describe el procedimiento para calcular la corriente del proyecto [18].

$$I_{proyecto} = \frac{Q}{HSD_{crit}}$$

Ecuación 2.4. Cálculo de la corriente del proyecto

Donde:

$I_{proyecto}$: corriente usada en el proyecto (A).

HSD_{crit} : horas de sol diario (h/día).

Se tiene un β_{opt} de $3,90^\circ$, el mes menos favorable es junio con 3,856 horas pico, por lo que la corriente del proyecto es:

$$I_{proyecto} = \frac{86,71}{3,856}$$

$$I_{proyecto} = 22.49 [A]$$

2.5.4 Obtención del número de paneles

El número de paneles requeridos es calculado aplicando un factor de reducción que tenga en cuenta el envejecimiento del módulo y la acumulación de polvo. Los paneles

monocristalinos ofrecen una eficiencia mayor en la conversión de energía en comparación con los policristalinos [19]. Por esta razón, en el proyecto se optó por un panel monocristalino de la marca Einnova Solarline, modelo ESM-500S, con las siguientes especificaciones:

Tabla 2.4. Valores característicos del panel solar escogido para el proyecto

Parámetros eléctricos	Valores
Potencia máxima	500 [W]
Voltaje máximo	38,38 [V]
Voltaje en Circuito Abierto	45,55 [V]
Corriente en el punto de máxima potencia	13,03 [A]
Corriente de cortocircuito	13,90 [A]
Eficiencia	21,3%

Los valores de la tabla 2.4 pueden ser observados en la hoja de datos del panel, la cual se encuentra adjunta como Anexo 2.

En este proyecto se usan solo paneles en paralelo y no en serie, ya que generalmente la conexión en serie se usa para aplicaciones con alto voltaje.

a) Paneles solares en paralelo:

La ecuación 2.5 muestra como calcular los paneles en paralelo que se deben usar en el diseño del proyecto:

$$N_{pp} = \frac{I_{proyecto}}{F_R * I_{op}}$$

Ecuación 2.5. Fórmula para calcular los paneles en paralelo

Donde:

N_{pp} : cantidad de paneles en paralelo.

F_R : factor de reducción del panel.

I_{op} : corriente del panel en el punto de operación.

$$N_{pp} = \frac{22.49}{0,90 * 13,03}$$

$$N_{pp} = 1,91 \approx 2$$

Tomando en cuenta la ecuación 2.5 el número de paneles que se utilizarán es de 2.

b) Potencia del sistema de generación:

En este proyecto el sistema de generación cuenta con 2 paneles conectados en paralelo. Utilizando la ecuación 2.6, se determina la potencia total del sistema de generación:

$$P_{SG} = N_{pp} * P_{maxp}$$

Ecuación 2.6. Cálculo de la potencia del sistema de generación.

Donde:

P_{SG} : potencia del sistema de generación.

N_{pp} : cantidad de paneles en paralelo.

P_{maxp} : potencia máxima del panel.

$$P_{SG} = 2 * 500$$

$$P_{SG} = 1000 [W]$$

2.5.5 Dimensionado del inversor

Es necesario determinar el voltaje de entrada nominal y la potencia nominal del sistema fotovoltaico autónomo para seleccionar el inversor más adecuado. Es fundamental que el voltaje nominal del sistema de almacenamiento U_n coincida con el voltaje nominal de entrada. El cálculo de la potencia nominal del inversor se realiza mediante la suma de las potencias aparentes de todos los receptores que pueden operar simultáneamente [15].

Al elegir un inversor de corriente continua a corriente alterna, varios criterios eléctricos deben considerarse, como el Voltaje Nominal de entrada (V), Voltaje Nominal de salida (V), la Potencia Nominal (kW), Frecuencia de Operación (Hz) y Rendimiento (%) [20].

Mediante la ecuación 2.7 se realiza el cálculo de la potencia del inversor [19].

$$P_{inv} = P_{AC} * F_s$$

Ecuación 2.7. Cálculo de la potencia del inversor

Donde:

P_{inv} : potencia del inversor.

P_{AC} : potencia de las cargas en AC.

F_s : factor de simultaneidad.

Dado que algunos receptores requieren una corriente de arranque elevada, se recomienda dimensionar el inversor un 30% más grande que la suma total de los vatios de los equipos. Teniendo esta consideración y usando la ecuación 2.7, se tiene que el valor de P_{inv} se calcula de la siguiente manera:

$$P_{inv} = P_{AC} * F_s + 30\%P_{AC}$$

$$P_{inv} = 930 * 1 + 30\%(930)$$

$$P_{inv} = 1209 W$$

Tomando en cuenta el resultado obtenido se usa un inversor DC/AC marca Must de onda sinusoidal pura, el modelo es el Serie PI1500 BT (CA: 120 V 300-2000 W) con las siguientes características:

Tabla 2.5. Valores característicos del inversor escogido para el proyecto

Parámetros eléctricos	Valores
Potencia nominal	1500 [W]
Voltaje nominal de entrada	12/24 [V]
Voltaje nominal de salida	110/120 [V]
Frecuencia de salida	60 [Hz]
Eficiencia inversor	90%

Los valores de la tabla 2.5 pueden ser observados en la hoja de datos del panel, la cual se encuentra adjunta como Anexo 2.

2.5.6 Dimensionado del banco de baterías

La capacidad requerida para las baterías se puede determinar considerando el consumo diario promedio. El criterio de Amperios-hora (Ah) es uno de los más usados para dimensionar baterías ya que asegura que la misma pueda suministrar el voltaje del bus DC requerido por los inversores. Es fundamental tomar en cuenta diversos factores: la demanda de energía ajustada en Amperios-hora (Ah), los días de autonomía necesarios, el máximo factor de profundidad de descarga, y un ajuste por temperatura. En la ecuación 2.8 se muestra el cálculo de la capacidad de las baterías:

$$C_{BB} = \frac{Q * Nda}{(F_{Pmax} * F_{CT})}$$

Ecuación 2.8. Cálculo de la capacidad nominal de las baterías

Donde:

C_{BB} : capacidad nominal del banco de baterías en (Ah).

Q : Amperios-hora corregidos.

Nda : número de días de autonomía del banco de baterías.

F_{Pmax} : factor de profundidad de descarga máxima diaria.

F_{CT} : factor de corrección de temperatura.

Teniendo en cuenta que: el valor de Q corregido de la demanda eléctrica es de 173,41 $\left[\frac{Ah}{día}\right]$, que él Nda es igual a dos, que el F_{Pmax} es del 80%, que F_{CT} es de 0.9 y la ecuación 2.8 se obtiene que:

$$C_{BB} = \frac{86,71 * 2}{(0.8 * 0.9)}$$

$$C_{BB} = 240,86 \left[\frac{Ah}{día}\right]$$

En este caso se eligió una batería de plomo-ácido, de marca TORCHN, La tabla 2.5 muestra las principales características de la misma:

Tabla 2.6. Valores característicos del inversor escogido para el proyecto

Parámetros eléctricos	Valores
Tipo de batería	AGM
Capacidad (Ah)	120 [Ah]
Voltaje nominal	12 [V]

Los valores de la tabla 2.6 pueden ser observados en la hoja de datos del panel, la cual se encuentra adjunta como Anexo 2.

Se debe calcular también cuantas baterías se deben colocar en paralelo, para lo cual se usa la fórmula 2.9 y se obtiene un total de 2 baterías.

$$N_{bp} = \frac{C_{BB}}{C_{NB}}$$

Ecuación 2.9. Cálculo de baterías en paralelo

Donde:

N_{bp} : cantidad de baterías en paralelo.

C_{BB} : capacidad nominal del banco de baterías (Ah).

C_{NB} : capacidad nominal de la batería (Ah).

$$N_{bp} = \frac{240,86}{120}$$

$$N_{bp} = 2$$

Como se tiene un sistema de 24 V, es necesario usar 2 baterías en serie ya que el voltaje de las baterías elegidas es de 12 V, por lo cual el número total de baterías es:

$$N_{Btotal} = N_{bp} + N_{bs}$$

Ecuación 2.10. Cálculo del número de baterías totales

Donde:

N_{Btotal} : número total de baterías.

N_{bs} : número total de baterías en serie.

$$N_{Btotal} = 2 + 2$$

$$N_{Btotal} = 4$$

2.5.7 Dimensionado del regulador de carga

El cálculo de la corriente de entrada, es esencial para elegir un regulador de carga adecuado, es decir, se debe calcular la corriente máxima del generador solar y multiplicarla por un factor de seguridad que asegure que la corriente del controlador sea suficiente [19]. A continuación, se describe cómo se realiza este cálculo.

$$I_{reg} > F_{SC} * I_{maxG}$$

Ecuación 2.11. Cálculo de la corriente del regulador de carga

$$I_{reg} > 1,25 * I_{SC} * N_{pp}$$

Donde:

I_{reg} : corriente del regulador de carga (A).

F_{SC} : factor de seguridad por CC.

I_{maxG} : corriente máxima del generador fotovoltaico (A).

I_{SC} : corriente de cortocircuito del panel (A).

N_{pp} : número de paneles en paralelo.

$$I_{reg} > 1,25 * 13,90 * 2$$

$$I_{reg} > 34,75 [A]$$

El regulador que se elige es de la marca Must, el modelo es el PC1500B-30-40, a continuación, se detalla una tabla con las características principales de la misma:

Tabla 2.7. Valores característicos del inversor escogido para el proyecto

Parámetros eléctricos	Valores
Corriente de carga nominal	40 [A]
Voltaje FV	≤50 [V]
Voltaje sistema	12/24 [V]
Eficiencia	98%

Los valores de la tabla 2.7 pueden ser observados en la hoja de datos del panel, la cual se encuentra adjunta como Anexo 2.

2.5.8 Dimensionado de los conductores

Para un correcto dimensionado de los conductores, se debe dividir al sistema en tramos, en este caso de estudio se realizará una división de 4 tramos, como se muestra en la tabla 2.8, se eligen estos tramos ya que se trabaja en una vivienda pequeña y por ende los componentes estarán cercanos a la misma y también entre sí. Se debe considerar los datos de potencia, voltaje, longitudes y las corrientes máximas que circularán por cada tramo, para de esta forma seleccionar los conductores correctos y tener un sistema eficiente [21].

Tabla 2.8. Separación por tramos del sistema fotovoltaico

Número de tramo	Ubicación del tramo	Longitud del tramo
Tramo 1	Panel → Regulador	3 [m]
Tramo 2	Regulador → Batería	2 [m]
Tramo 3	Regulador → Inversor	2 [m]
Tramo 4	Inversor → Carga AC	3 [m]

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) recomienda que, en circuitos alimentadores y ramales, la caída de tensión no debe sobrepasar el 3%. Esto con el fin de evitar el funcionamiento incorrecto de los equipos conectados. Además, en todos los

tramos, se deben multiplicar las corrientes máximas por 1,25 para cumplir con el Código Nacional de Electricidad Utilización.

a. Tramo 1

El dimensionado del conductor que se usa en el primer tramo se debe calcular mediante la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico. En la ecuación 2.12 está la fórmula usada para dicho cálculo.

$$I_{maxtr1} = I_{CC} * 1,25 * N_{pp}$$

Ecuación 2.12. Cálculo de la corriente de CC del generador fotovoltaico

Donde:

I_{maxtr1} : corriente máxima en el tramo 1.

I_{CC} : corriente de CC del panel fotovoltaico.

N_{pp} : número de paneles en paralelo.

$$I_{maxtr1} = 13,90 * 1,25 * 2$$

$$I_{maxtr1} = 34,75 [A]$$

Con el valor de intensidad máxima obtenido se debe seleccionar el calibre del conductor que se usará en este tramo de la instalación. En este caso se elige un conductor de calibre 8 AWG con una sección transversal de 8,34 [mm²]. Con los datos de: la máxima intensidad, la longitud del tramo y la resistividad del cobre (0,01786 Ωmm²/m) se puede realizar el cálculo de la caída de voltaje en el tramo, usando la ecuación 2.13.

$$\Delta V_1 = \frac{2 * \rho_{CU} * L_1 * I_{maxtr1}}{S_1}$$

Ecuación 2.13. Cálculo de la caída de voltaje en el tramo 1

Donde:

ΔV_1 : caída de voltaje en el tramo 1.

I_{maxtr1} : corriente máxima en el tramo 1.

ρ_{CU} : resistividad del cobre.

L_1 : longitud del tramo 1.

S_1 : Sección transversal del conductor del tramo 1

$$\Delta V_1 = \frac{2 * 0,01786 * 3 * 34,75}{8,34}$$

$$\Delta V_1 = 0.45 V$$

Usando la ecuación 2.14 se realiza el cálculo de la caída de voltaje en porcentaje.

$$\% \Delta V_1 = \frac{\Delta V_1}{V_{sis}} \cdot 100$$

Ecuación 2.14. Cálculo de la caída del porcentaje de caída de voltaje en el tramo 1

Donde:

$\% \Delta V_1$: porcentaje de caída de voltaje en el tramo 1.

ΔV_1 : caída de voltaje en el tramo 1.

V_{sis} : voltaje nominal del sistema.

$$\% \Delta V_1 = \frac{0.45}{24} \cdot 100$$

$$\% \Delta V_1 = 1,86 \%$$

Con lo cual se verifica que el conductor elegido es el adecuado ya que $\% \Delta V_1$ es menor al 3%.

b. Tramo 2

La corriente máxima en el tramo dos va a tener el mismo valor que la corriente máxima en el tramo 1, por lo que:

$$I_{maxtr2} = 34,75 [A]$$

Con el valor de intensidad máxima obtenido se debe seleccionar el calibre del conductor que se usará en este tramo de la instalación. En este caso se elige un conductor de calibre 8 AWG con una sección transversal de 8,34 [mm²]. Con los datos de: la máxima intensidad, la longitud del tramo y la resistividad del cobre (0,01786 Ωmm²/m) se puede realizar el cálculo de la caída de voltaje en el tramo, usando la ecuación 2.15.

$$\Delta V_2 = \frac{2 * \rho_{CU} * L_2 * I_{maxtr2}}{S_2}$$

Ecuación 2.15. Cálculo de la caída de voltaje en el tramo 2

Donde:

ΔV_2 : caída de voltaje en el tramo 2.

I_{maxtr2} : corriente máxima en el tramo 2.

ρ_{CU} : resistividad del cobre.

L_2 : longitud del tramo 2.

S_2 : Sección transversal del conductor del tramo 2.

$$\Delta V_2 = \frac{2 * 0,01786 * 2 * 34,75}{8,34}$$

$$\Delta V_2 = 0.30 V$$

Usando la ecuación 2.16 se realiza el cálculo de la caída de voltaje en porcentaje.

$$\% \Delta V_2 = \frac{\Delta V_2}{V_{sis}} \cdot 100$$

Ecuación 2.16. Cálculo de la caída del porcentaje de caída de voltaje en el tramo 1

Donde:

$\% \Delta V_2$: porcentaje de caída de voltaje en el tramo 2.

ΔV_2 : caída de voltaje en el tramo 2.

$$\% \Delta V_1 = \frac{0.30}{24} \cdot 100$$

$$\% \Delta V_1 = 1,24 \%$$

Con lo cual se verifica que el conductor elegido es el adecuado ya que $\% \Delta V_1$ es menor al 3%.

c. Tramo 3

La corriente nominal de entrada en el inversor, se calcula usando el dato de potencia nominal el cual se tomó de la hoja de datos del fabricante y se encuentra en la tabla 2.4 y es de 1500 [W]. Usando la ecuación 2.17 se tiene que la corriente buscada es:

$$I_{entinv} = \frac{P_{nominv}}{\eta_{inv} * V_{sis}}$$

Ecuación 2.17. Cálculo de la intensidad nominal de entrada del inversor

Donde:

I_{entinv} : corriente nominal de entrada del inversor.

P_{nominv} : potencia nominal del inversor.

η_{inv} : eficiencia del inversor.

V_{sis} : voltaje nominal del sistema.

$$I_{entinv} = \frac{1500 \text{ W}}{0.90 * 24}$$

$$I_{entinv} = 69,44 [A]$$

Se debe tener en cuenta que la corriente máxima que en realidad deben soportar los conductores en este tramo es la siguiente:

$$I_{maxinv} = I_{entinv} * 1,25$$

$$I_{maxinv} = 69,44 * 1,25$$

$$I_{maxinv} = 86,80 [A]$$

Con el valor de corriente nominal de entrada del inversor obtenido se debe seleccionar el calibre del conductor que se usará en este tramo de la instalación. En este caso se elige un conductor de calibre 4 AWG con una sección transversal de 21,2 [mm²]. Con los datos de: la corriente nominal de entrada del inversor, la longitud del tramo y la resistividad del cobre (0,01786 $\Omega mm^2/m$) se puede realizar el cálculo de la caída de voltaje en el tramo, usando la ecuación 2.18.

$$\Delta V_2 = \frac{2 * \rho_{CU} * L_3 * I_{maxinv}}{S_3}$$

Ecuación 2.18. Cálculo de la caída de voltaje en el tramo 3

Donde:

ΔV_3 : caída de voltaje en el tramo 3.

ρ_{CU} : resistividad del cobre.

L_3 : longitud del tramo 3.

S_3 : Sección transversal del conductor del tramo 3.

$$\Delta V_2 = \frac{2 * 0,01786 * 2 * 86,80}{21,2}$$

$$\Delta V_2 = 0.29 \text{ V}$$

Usando la ecuación 2.19 se realiza el cálculo de la caída de voltaje en porcentaje.

$$\% \Delta V_3 = \frac{\Delta V_3}{V_{sis}} \cdot 100$$

Ecuación 2.19. Cálculo de la caída del porcentaje de caída de voltaje en el tramo 3

Donde:

$\% \Delta V_3$: porcentaje de caída de voltaje en el tramo 3.

ΔV_3 : caída de voltaje en el tramo 3.

$$\% \Delta V_3 = \frac{0.29}{24} \cdot 100$$

$$\% \Delta V_3 = 1,20 \%$$

Con lo cual se verifica que el conductor elegido es el adecuado ya que $\% \Delta V_3$ es menor al 3%.

d. Tramo 4

En este tramo se debe calcular la potencia de salida del inversor, teniendo en cuenta que la potencia nominal del mismo es de 1500 [W] y que el voltaje de salida es de 110 [VAC], se tiene que:

$$I_{salinv} = \frac{P_{nominv}}{fp * V_{nAC}}$$

Ecuación 2.20. Cálculo de la intensidad nominal de entrada del inversor

Donde:

I_{salinv} : corriente nominal de salida del inversor.

V_{nAC} : voltaje nominal en AC.

fp : factor de potencia

$$I_{salinv} = \frac{1500}{0,9 * 120}$$

$$I_{salinv} = 13,89 [A]$$

Se debe tener en cuenta que la corriente máxima que en realidad deben soportar los conductores en este tramo es la siguiente:

$$I_{\text{maxinv}} = I_{\text{salinv}} * 1,25$$

$$I_{\text{maxinv}} = 13,89 * 1,25$$

$$I_{\text{maxinv}} = 17,36 [A]$$

Con el valor de corriente de salida del inversor obtenido se debe seleccionar el calibre del conductor que se usará en este tramo de la instalación. En este caso se elige un conductor de calibre 12 AWG con una sección transversal de 3,31 [mm²]. Con los datos de: la corriente nominal de salida del inversor, la longitud del tramo y la resistividad del cobre (0,01786 Ωmm²/m) se puede realizar el cálculo de la caída de voltaje en el tramo, usando la ecuación 2.21.

$$\Delta V_4 = \frac{2 * \rho_{CU} * L_4 * I_{\text{maxinv}}}{S_4}$$

Ecuación 2.21. Cálculo de la caída de voltaje en el tramo 4

Donde:

ΔV_4 : caída de voltaje en el tramo 4.

ρ_{CU} : resistividad del cobre.

L_4 : longitud del tramo 4.

S_4 : Sección transversal del conductor del tramo 4.

$$\Delta V_4 = \frac{2 * 0,01786 * 3 * 17,36}{3,31}$$

$$\Delta V_4 = 0.56 V$$

Usando la ecuación 2.22 se realiza el cálculo de la caída de voltaje en porcentaje.

$$\% \Delta V_4 = \frac{\Delta V_4}{V_{\text{sis}}} \cdot 100$$

Ecuación 2.22. Cálculo de la caída del porcentaje de caída de voltaje en el tramo 4

Donde:

$\% \Delta V_4$: porcentaje de caída de voltaje en el tramo 4.

ΔV_4 : caída de voltaje en el tramo 4.

$$\% \Delta V_4 = \frac{0.56}{24} \cdot 100$$

$$\% \Delta V_3 = 2,34 \%$$

Con lo cual se verifica que el conductor elegido es el adecuado ya que $\% \Delta V_3$ es menor al 3%.

2.5.9 Elementos de protección

El cálculo de los elementos de protección en un sistema fotovoltaico es fundamental para asegurar su seguridad y eficiencia. Estos elementos, que incluyen fusibles, pararrayos y sistemas de puesta a tierra, son esenciales para prevenir sobrecargas, cortocircuitos y otros fallos eléctricos que podrían dañar los componentes del sistema o poner en riesgo a los usuarios. Una adecuada selección y dimensionado de estos dispositivos de protección no solo salvaguardan la integridad del sistema, sino que también garantizan una operación continua y fiable, reduciendo los tiempos de inactividad y los costos de mantenimiento

a. Fusibles

El sistema debe asegurar la protección tanto de personas como equipos, por lo que se debe proteger principalmente de: cortocircuitos, sobrecargas y sobrevoltajes. Para esto se usa fusibles en los tres primeros tramos y un interruptor termomagnético en el tramo 4 el cual va del inversor a la carga AC [22]. En la tabla 2.9 se muestra la selección de los fusibles que se utilizarán.

Tabla 2.9. Presupuesto de la instalación [22]

Tramo	Corriente máxima (A)	Fusible seleccionado (A)	Interruptor termomagnético
T1	34,75	40	-
T2	34,75	40	
T3	86,80	100	-
T4	17,36	-	30

b. Sistema de puesta a tierra

La puesta a tierra garantiza el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico y ofrece protección contra sobrevoltajes, además protege tanto a personas y a equipos de posibles descargas eléctricas, es importante tener en cuenta que en sistemas DC la puesta a tierra debe ser conectada a una de las estaciones de alimentación [22]. Para la protección de este sistema sería necesaria una puesta a tierra.

c. Pararrayos

El sobrevoltaje en una instalación fotovoltaica para autoconsumo suele ser causada por descargas atmosféricas que impactan en las partes altas de la estructura metálica que sostiene los paneles. Los pararrayos deben ser colocados lo más cerca posible del equipo que se desea proteger, para que de esta manera puedan enviar el sobrevoltaje causado por el rayo directo a tierra [22]. Para proteger el sistema presentado en este documento, se seleccionó un pararrayos tipo Franklin de punta simple, ya que, al ser una instalación pequeña, de 1 [kW] aproximadamente, no se requiere un sistema de protección contra rayos extremadamente robusto.



Figura 2.2 Pararrayos tipo Franklin de punta simple [23]

2.6 Presupuesto de la instalación

Los costos de los elementos que se deben usar en el sistema fotovoltaico propuesto aparecen en la tabla 2.10, se debe tener en cuenta que son valores referenciales y que para sacar un total más aproximado se debe sumar un 25% más al valor total debido a que los elementos son importados por lo que existe un valor de impuesto al momento que los mismos ingresen al país. Los valores unitarios descritos para cada elemento del sistema fotovoltaico se encuentran adjuntos como Anexo 1.

Tabla 2.10. Presupuesto de la instalación [Autor]

Elemento	Especificación elemento	Valor Unitario	Número de unidades	Subtotal
Módulos fotovoltaicos	Panel monocristalino de la marca Einnova Solarline con una potencia máxima de 500 [W]	\$41,4	2	\$82,8

Inversor	Inversor DC/AC marca Must de onda sinusoidal pura con una potencia nominal de 1500 [W]	\$470	1	\$470
Regulador	Regulador marca Must modelo PC1500B-30-40 con una corriente nominal de 40 [A]	\$207	1	\$207
Baterías	Batería de plomo- ácido marca TORCHN de 120 [Ah]	\$92	4	\$368
Conductor	Conductor 8 AWG con una sección transversal de 8,34 [mm ²]	\$2,07 por metro	10 metros	\$20,70
Conductor	Conductor 4 AWG con una sección transversal de 21,2 [mm ²]	\$4 por metro	4 metros	\$16
Conductor	Conductor 12 AWG con una sección transversal de 3,31 [mm ²]	\$0,798 por metro	6 metros	\$4,79
Fusible	Fusible de 40 [A]	\$1,03	2	\$2,06
Fusible	Fusible de 100 [A]	\$11,49	1	\$11,49
Interruptor termomagnético	Interruptor termomagnético de 30 [A]	\$6,24	1	\$6,24
Mano de obra e instalación	-	\$200	1	\$200
			Subtotal General	\$1389,08

			Impuesto aduana	\$347,27
			TOTAL	\$1745,35

En la figura 2.3 se puede observar el diagrama unifilar del sistema solar fotovoltaico diseñado en este trabajo de integración curricular, las características básicas del mismo son las siguientes:

- Se cuenta con dos paneles monocristalinos de la marca Einnova Solarline con una potencia máxima de 500 [W] cada uno.
- Se tiene un regulador de la marca Must con una corriente nominal de 40 [A], el cual es apto para sistemas que tiene un voltaje fotovoltaico ≤ 50 [V].
- Se cuenta con un inversor DC/AC de la marca Must, este es de onda sinusoidal pura y tiene una potencia nominal de 1500 [W].
- Se tiene 4 baterías de plomo-ácido de marca TORCHN de 120 [Ah].
- Además, se cuenta con conductores 8 AWG, 4 AWG y 12 AWG los cuales cumplen con la regulación de caída de voltaje y conectan los distintos elementos del sistema.

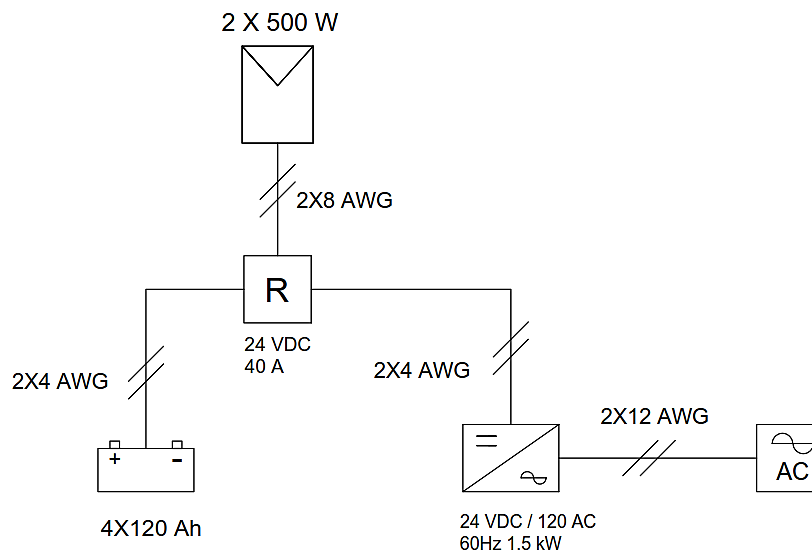


Figura 2.3 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico

3. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para el análisis de esta sección se realizó una simulación en el software PV sol, usando la versión de prueba la cual es válida durante 30 días. Se dimensionó cada uno de los elementos que componen el sistema de generación fotovoltaico y también se realizó un análisis de costos del mismo, dado que el programa lo permite.

3.1 Resultados

En la figura 3.1 se muestra un esquema general del SF simulado en PV sol, el mismo incluye dos paneles fotovoltaicos de 500 [Wp] cada uno, proporcionando una capacidad instalada de 1 [kWp], adecuada para un sistema residencial pequeño en zonas sin acceso a la red eléctrica o con acceso limitado. El sistema cuenta con un inversor dimensionado para manejar la capacidad de los paneles. Se utilizan cuatro baterías de 120 Ah cada una, totalizando una capacidad de almacenamiento de 480 Ah. Esto asegura suficiente energía para cubrir las necesidades diarias y proporcionar respaldo durante días nublados o noches. El sistema está diseñado para un consumo diario de 930 W. Dado que PV Sol requiere un inversor de batería para simular correctamente el sistema, se utilizó uno recomendado por el software para asegurar la correcta simulación.

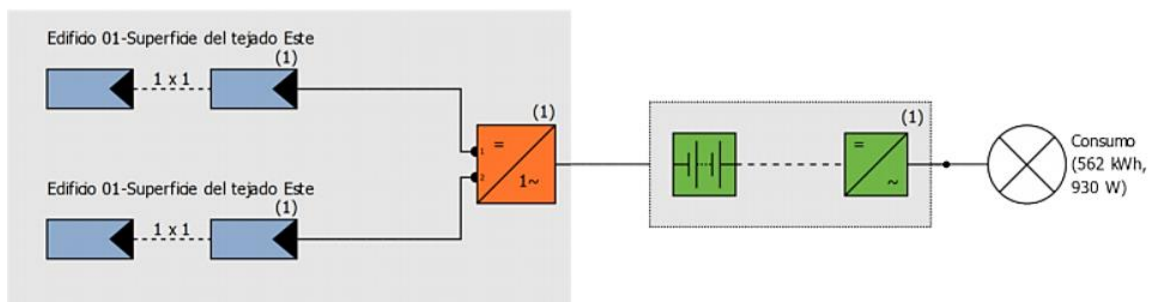


Figura 3.1. Esquema general del sistema fotovoltaico simulado en PV sol [Autor]

La gráfica 3.2 muestra los resultados de la simulación, incluyendo la evaluación económica y el rendimiento técnico del sistema. Se excluyó el inversor de batería del cálculo de costos para mantener un presupuesto de inversión de 1810 dólares, cercano al valor calculado en la metodología. El coeficiente de rendimiento de la instalación es del 82,1%, indicando una correcta eficiencia del sistema. Los colores en la gráfica de barras representan diferentes aspectos del sistema: amarillo para la energía FV utilizable, gris para el consumo de desconexión de carga, verde para la recarga de las baterías, verde claro para la cobertura del consumo mediante baterías, y gris oscuro para las pérdidas del sistema. Las variaciones en la recarga de las baterías y la cobertura del consumo mediante baterías,

especialmente en febrero y noviembre, indican que estos meses no se puede abastecer la demanda totalmente, pero se cubre más del 95%, manteniendo la eficiencia del sistema.

Resultados

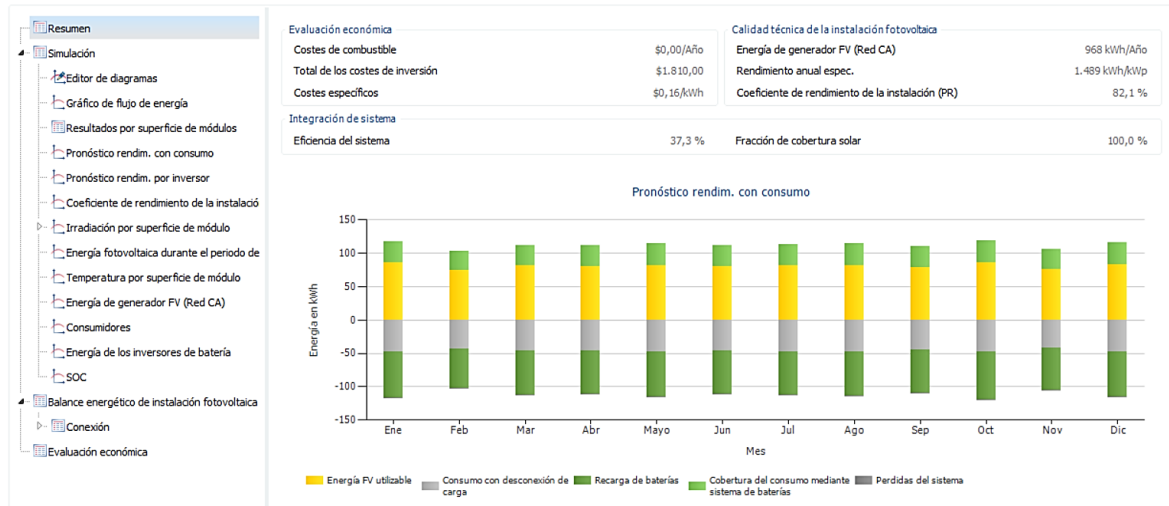


Figura 3.2. Resumen general del sistema fotovoltaico simulado en PV sol [Autor]

Esta gráfica muestra la producción de energía del generador fotovoltaico a lo largo del año. El eje x representa los meses y el eje y la producción en kWh. La producción varía mensualmente debido a cambios estacionales en la radiación solar. Febrero, octubre y noviembre tienen menor producción, probablemente por más días nublados o lluviosos. Los meses con mayor producción coinciden con estaciones más secas y soleadas. En San Juan de Ilumán, Ibarra, Ecuador, el clima puede afectar significativamente la cantidad de energía captada.

Considerando que el consumo diario es de 1635 [Wh], la producción mensual debe ser suficiente para cubrir este consumo. Analizando para 30 días, se obtiene un consumo mensual aproximado de 49,05 [kWh], la gráfica muestra que la producción mensual supera este valor, por lo que se puede decir que las necesidades energéticas de la vivienda son suplidas. Es importante tener en cuenta que para mantener una alta eficiencia y maximizar la producción de energía, es crucial realizar un mantenimiento regular de los paneles solares, asegurando que estén limpios y libres de sombras.

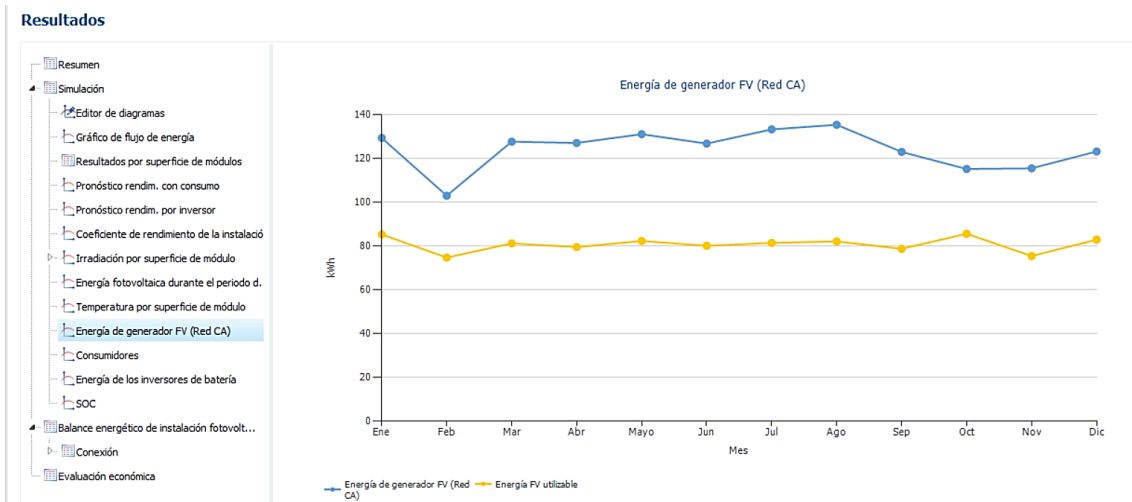


Figura 3.3. Energía del generador fotovoltaico [Autor]

La figura 3.4 compara la producción de energía con el consumo mensual de energía, evidenciando que el sistema fotovoltaico abastece el consumo mensual de 49.05 kWh en todos los meses, excepto en noviembre, donde supe aproximadamente el 95%. La caída del consumo cubierto en marzo se debe probablemente a la recarga insuficiente de las baterías en febrero, como se observa en la figura 3.2. La menor producción en noviembre también afecta la cobertura del consumo. En general, el sistema fotovoltaico diseñado es capaz de abastecer la vivienda energéticamente, cubriendo el 100% del consumo en la mayoría de los meses.

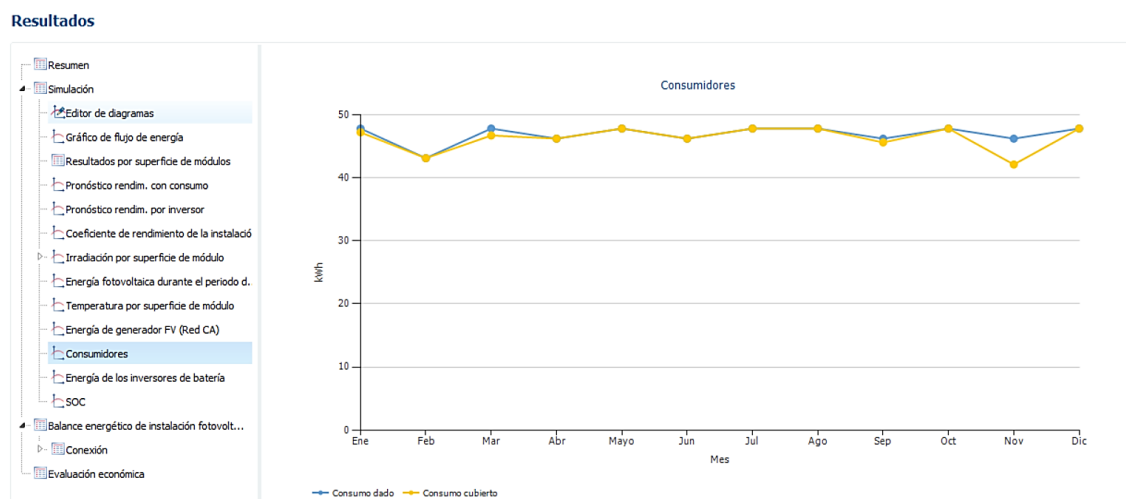


Figura 3.4. Consumidores del sistema fotovoltaico simulado en PV sol [Autor]

3.2 Conclusiones

La revisión y el análisis de información bibliográfica acerca de sistemas fotovoltaicos autónomos y sus respectivos componentes permitió diseñar cada elemento del sistema de forma adecuada. De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede decir que el diseño del sistema fotovoltaico con una capacidad instalada de 1 [kWp], utilizando dos paneles de 500 [Wp], es adecuado para un consumo residencial nivel 1 en áreas rurales de Ecuador, como lo es San Juan de Ilumán. Esta configuración está bien dimensionada para las necesidades energéticas diarias de 1635 [Wh] y mensuales de 49.05 kWh. El inversor de 1500 [W] y las cuatro baterías de 120 [Ah] proporcionan una capacidad de almacenamiento total de 480 Ah. Esto asegura que la energía generada durante el día se pueda almacenar eficientemente y utilizar durante la noche o en días con menor radiación solar, proporcionando una cobertura energética adecuada.

En cuanto al rendimiento del sistema y eficiencia operativa, se tiene un Performance Ratio (PR) de 82.1% lo cual indica que el sistema opera de manera eficiente, considerando las pérdidas inherentes al sistema fotovoltaico, como las debidas a la conversión de energía, la temperatura de operación de los paneles, y las pérdidas en el cableado y el inversor. La producción de energía varía significativamente a lo largo del año, con menores rendimientos en meses como febrero, octubre y noviembre. Estas variaciones son causadas principalmente por la reducción de la radiación solar debido a factores climáticos como la nubosidad y las precipitaciones, así como la posición del sol.

La producción mensual de energía supera los 49.05 kWh necesarios para cubrir el consumo de la vivienda en la mayoría de los meses, asegurando así la autosuficiencia energética. Sin embargo, en noviembre, la cobertura del consumo cae al 95%, lo que se atribuye a la menor radiación solar y consecuente disminución en la recarga de las baterías. En noviembre, la producción de energía es insuficiente para cubrir totalmente el consumo debido a la menor radiación solar disponible. Este déficit es mitigado en parte por la energía almacenada en las baterías, pero aun así resulta en una ligera disminución en la cobertura del consumo.

El costo total de inversión, es de \$1745,35 dólares, lo cual es razonable para un sistema fotovoltaico autónomo de esta capacidad. Este costo se alinea con los cálculos previos realizados durante la fase de metodología. Aunque el análisis económico detallado no se incluye, la eficiencia y la cobertura energética sugieren que el sistema será económicamente viable a largo plazo.

3.3 Recomendaciones

Para futuras investigaciones y desarrollos, se recomienda realizar un análisis comparativo exhaustivo de los diferentes componentes del sistema fotovoltaico, con el objetivo de optimizar tanto el costo como la eficiencia del sistema. Esto incluye la comparación de paneles fotovoltaicos de silicio monocristalino y policristalino. De la misma manera, se deben comparar diferentes tecnologías de almacenamiento de energía, como baterías de plomo-ácido y de iones de litio, para seleccionar la opción más adecuada en términos de capacidad y ciclo de vida. Es crucial también evaluar distintos modelos de inversores y reguladores de carga por su eficiencia, fiabilidad y facilidad de integración, así como realizar estudios sobre la calidad y costo de diferentes tipos de cableado y elementos de protección para minimizar las pérdidas de energía y cumplir con las normas de seguridad.

En el caso de implementaciones prácticas del sistema fotovoltaico autónomo propuesto, se recomienda establecer un margen adecuado entre la demanda energética real de un nivel 1 y la potencia generada por el sistema. Es fundamental considerar que siempre existirán pérdidas inherentes al sistema, ya sea por ineficiencias en la conversión de energía, almacenamiento, o variaciones climáticas que afecten la captación de radiación solar. Un buen umbral de seguridad ayudará a asegurar que el sistema pueda satisfacer consistentemente las necesidades energéticas, incluso en condiciones subóptimas. Esto podría implicar diseñar el sistema con una capacidad de generación ligeramente superior a la demanda proyectada, lo que permitirá compensar las pérdidas y asegurar un suministro energético fiable y continuo.

Se recomienda realizar estudios más profundos sobre el impacto ambiental y económico de la implementación a gran escala de sistemas fotovoltaicos autónomos en áreas residenciales, evaluando el ciclo de vida completo de los componentes y realizando análisis de costos-beneficios a largo plazo. Estos estudios permitirán comprender mejor las implicaciones ambientales y económicas de dichos sistemas, identificando oportunidades para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia económica. Al considerar todos los aspectos del ciclo de vida, desde la producción hasta la disposición final de los componentes, se podrá optimizar el diseño y la operación del sistema, asegurando una adopción más efectiva y beneficiosa de la energía solar en comunidades no urbanas.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. de J. Acevedo Garcés, “Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios,” 2016.
- [2] C. Orbezo and R. Arivilca, “Energía Solar Fotovoltaica. Manual técnico para instalaciones domiciliarias. [En línea] 2010.”
- [3] J. A. Colonna Pertuz, “Diseño de un sistema solar fotovoltaico para dos aulas móviles del sena,” 2013.
- [4] B. Y. Puentes Restrepo, J. D. Mendivelso Moreno, T. J. Guayazan Pinto, and J. S. Villamil Vargas, “Diseño de un sistema solar fotovoltaico para la comunidad indígena Pijao ubicada en el Resguardo Pocharco,” 2021.
- [5] Rodrigo Díaz Martínez, “DISEÑO, MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO DE BAJO COSTO EMPLEANDO MATLAB: CASO DE ESTUDIO BAHÍA MÁLAGA,” Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, 2017.
- [6] D. Sánchez, “SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADO PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA,” UIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, Madrid, 2012.
- [7] A. Planas, J. D. Quintero, and L. Montealegre, *Guía ambiental y social para proyectos de generación fotovoltaicos e híbridos menores o iguales a 1 MW*. Inter-American Development Bank, 2021. doi: 10.18235/0003114.
- [8] G. F. Velasco and E. Cabrera, “Generación solar fotovoltaica dentro del esquema de generación distribuida para la provincia de Imbabura,” 2009.
- [9] Solargis, “Mapas de recursos solares y datos GIS para más de 180 países | Solargis.” Accessed: Jul. 11, 2024. [Online]. Available: <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/ecuador>
- [10] ARCERNNR-009/2022, “PLIEGO TARIFARIO DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA,” 2022.
- [11] MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA, “Norma Ecuatoriana de la Construcción INSTALACIONES ELÉCTRICAS ,” 2018.
- [12] M. Pushpavalli, P. Abirami, P. Sivagami, and V. Geetha, “Investigation of grid connected PV system with electrial appliances, electric vehicles and battery systems

- using PVsol software,” in *Proceedings of the First International Conference on Advanced Scientific Innovation in Science, Engineering and Technology, ICASISSET 2020, 16-17 May 2020, Chennai, India, 2021*.
- [13] E. Blanco, “Cálculo y simulación de sistemas de energía fotovoltaica utilizando software PV* SOL®,” 2015.
- [14] Google Maps, “San Juan de Iluman.” Accessed: Jan. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/place/San+Juan+de+Iluman/@0.277194,-78.2379486,1742m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x8e2a15eb9e77891f:0x2bc5b59fd2c40d4c!8m2!3d0.2702747!4d-78.219132!16s%2Fg%2F11hz07slm1?entry=ttu>
- [15] Alliance for Sustainable Energy, “Calculadora PVWatts.” Accessed: May 15, 2024. [Online]. Available: <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>
- [16] E. Enríquez Fuertes, “Diseño y cálculo de un sistema fotovoltaico autónomo,” 2013.
- [17] D. Argota-Pupo, “Estudio de las principales cargas eléctricas del sector residencial en Cuba,” *Ciencia & Futuro*, vol. 3, no. 3, pp. 11–25, 2013.
- [18] M. Rodríguez-Gámez, A. Vázquez-Pérez, A. M. Vélez-Quiroz, and W. M. Saltos-Arauz, “Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales,” *Revista científica*, no. 33, pp. 265–274, 2018.
- [19] S. Salamanca-Ávila, “Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá,” *Revista científica*, no. 30, pp. 263–277, 2017.
- [20] L. A. Mesa, C. A. Sanabria, and W. J. Pérez, “Diseño de un Sistema solar fotovoltaico autónomo para una institución educativa rural en el municipio de Páez–Boyacá,” *Revista de la Universidad de los Llanos, Colombia*, vol. 9, no. 1, pp. 1–10, 2015.
- [21] E. J. M. Vásquez, “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica,” *Revista Científica Pakamuros*, vol. 7, no. 2, 2019.
- [22] J. E. G. Castillo and M. Y. M. Quispe, “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para la demanda eléctrica del Centro de Salud Magllanal, Jaén-Cajamarca,” *Jaén, Perú*, 2019.

- [23] M. A. Martínez Gonzales, "Desarrollo del sistema de pararrayo tipo PDC con cebado no electrónico ubicado en Huamanga distrito de Vinchos Ayacucho en el centro poblado Parjawilka basado en la norma UNE 21186: 2011," 2021.

5. ANEXOS.

ANEXO I. Precios referenciales de los elementos usados en la instalación FV.

ANEXO II. Hojas de datos de los elementos usados en la instalación FV.

ANEXO III. Diagrama Unifilar del sistema fotovoltaico.

ANEXO IV. Informe del proyecto realizado en el software PV sol.

ANEXO I

Directorio de Paneles / ESM-485-505S White



ESM-485-505S White
Einnova Solarline Energy Corp. Limited

Precio: Desde **€0,0828 / Wp**

Tecnología:	PERC
Gama de Potencia:	485 ~ 505 Wp
Región:	China 🇨🇳

[✉ Contactar con el Fabricante](#)

Nota: Su Consulta se enviará directamente a Einnova Solarline Energy Corp. Limited.

Descripción:

- 83% output retention even after 30 years of operation
- Features 132 mono half-cells, sturdy anodized aluminum frame, tempered-glass surface
- Endured rigorous testing, including withstanding 25 mm hailstones at speeds of 83 km/h
- Achieves an impressive maximum power output of 505 watts, boasting a module efficiency of up to 21.50%

Nuevo Ideal de energía 12v 100ah 120ah 150ah 200ah 250ah agm gel ácido de batería de plomo para la energía solar

(4 Reseñas) · 1115 vendido(s) · #6 Los más populares en Baterías de plomo del gel del Agm

Yangzhou Dongtai Solar Energy Co., Ltd. · **Verified** Proveedor multi-especialidad · 8 yrs · 🇨🇳 CN



Obtén **US \$10 de descuento** en tu primer pedido. 📄

10 - 199 unidades	200 - 999 unidades
\$92,00	\$85,00
>= 1000 unidades	
\$79,00	

Variaciones
Opciones totales: 1 Capacidad no... [Seleccionar ahora](#)

- Capacidad nominal(1): 120Ah
- Voltaje nominal(1)

Envío
UPS acelerado (estándar) [Cambiar](#)
Total del envío: \$4.739,16 por 10 unidades
Entrega estimada por ago.6-ago.12 Servicio de



Nuevo

Inversor Cargador Must Ep30-1524lv2 1.5kw 24v 110v

U\$S 470 📄
Bs. 17.169,24

[Paga en cuotas](#)
[Más información](#)

Entrega a acordar con el vendedor
Barquisimeto, Lara
[Ver formas de entrega](#)

Cantidad: **1 unidad** ▾ (2 disponibles)

[Comprar ahora](#)

Vendido por [INWAVESYSTEMCA](#)
+500 ventas

1 años de garantía de fábrica.



Pasa el ratón por encima de la imagen para ampliarla



MUST ENERGY 60A 12V/24V/36V/48V Controlador de Carga MPPT Regulador de Panel Solar con Pantalla LCD para baterías de Plomo-ácido y Litio

Marca: MUST ENERGY
4,0 ★★★★★ 6 valoraciones

No disponible.

Nombre de estilo: 60A

- 100A
1 opción a partir de 229,99 €
- 60A**
1 opción a partir de 189,99 €
- 80A
1 opción a partir de 199,99 €

Color	60 A
Marca	MUST ENERGY
Material	Metal
Tipo de pantalla	LCD
Fabricante	MUST ENERGY



SKU - 370080

✓ Disponible

Cable Incable flexible #8 por metro

Detalles del Producto

Reseñas de producto

Cable Incable flexible #8 por metro

Conductor de cobre electrolítico suave aislado con PVC 90°C y Nylon. Cable Flexible, resistente a la abrasión, y a sustancias como aceites, grasas, gasolinas, etc. o otras sustancias corrosivas como pinturas y solventes. Aislamiento de PVC con retardante a la llama, libre de metales pesados.

Cables para la Construcción usados en circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales, son especialmente aptos para instalaciones en ductos, o zonas abrasivas. Puede ser usado en lugares seco a temperatura 90°C de operación y en lugares húmedos a 75°C de operación, tensión de voltaje 600 V.



« 1 »

Comparte este producto



\$2.07

- 1 +

➤ Añadir al carrito

ELECTROCABLES

Cable 7Hil N4 Thhn C/M Electroable Precio por metro

SKU: 264369

\$4,00

Hasta 1x \$4,00 sin interés

- 1 +

AGREGAR AL CARRITO

CONSULTAR STOCK EN TIENDA

Comparte





Cable Flexible THHN # 12 UNILAY AWG - 100 m.

Color 

\$ 79,80





 Temporalmente sin existencias

Términos y condiciones
Entrega: 2-3 días laborables Guayaquil y Quito. En otras provincias según disponibilidad. Se confirma con la recepción del pedido




MAXI FUSIBLE 40A. (5 unid.) 03.50.40-0

Referencia 99.7381-1

Condición: Nuevo producto

10 Artículos **En Stock**

Advertencia: ¡Últimos artículos en inventario!

-  Enviar a un amigo
-  Print PDF
-  Imprimir

4.76 €
impuestos inc.


Cantidad





Fastronix 100 Amp MEGA/AMG Fusible atornillado

Visita la tienda de Fastronix Solutions

4.9  42 calificaciones | [Buscar en esta página](#)

Opción Amazon en Fusibles Repuestos para Auto de Fastronix Solutions

50+ comprados el mes pasado

US\$ **11.49**

Sin depósito de derechos de importación y US\$27.16 de envío a Ecuador [Detalles](#)

Modelo: **100 Amp**

- 60 Amp US\$11.49
- 80 Amp US\$11.49
- 100 Amp US\$11.49**
- 125 Amp US\$11.49
- 150 Amp US\$11.49
- 175 Amp US\$11.49
- 200 Amp US\$11.49
- 250 Amp US\$11.49

Adaptador de corriente CA 100 Amperios
Marca Fastronix Solutions
Voltaje 32 Voltios
Material Cobre
Fabricante Littelfuse



GENERAL ELECTRIC

Breaker Delgado 1 Polo 30A Thqp G.E.

SKU: 305804

\$6,24

Hasta 1x \$6,24 sin interés

- 1 +

AGREGAR AL CARRITO

CONSULTAR STOCK EN TIENDA

Comparte



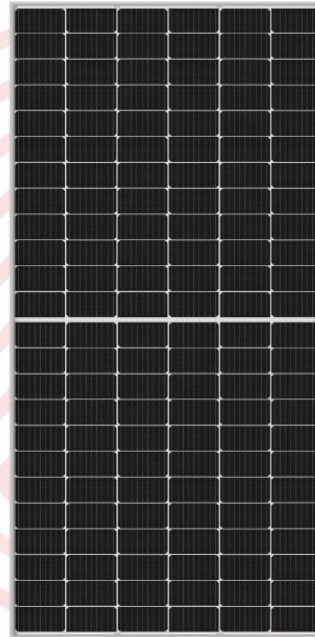
ANEXO II



PERC Half Cut Mono-Crystalline white ESM 485/490/495/500/505S

0~+3% POWER TOLERANCE

High efficiency PERC P - type solar module



Module characteristics



Stronger properties
Pass the wind load test of 2400Mpa and the snow load test of 5400Mpa



Low attenuation rate
Good reliability and lower LID/LETID attenuation rate.



PID resistance
The attenuation probability of PID phenomenon is minimized through battery production technology optimization and robust material quality control



Harsh environmental adaptation
Robust design for demanding climate conditions.



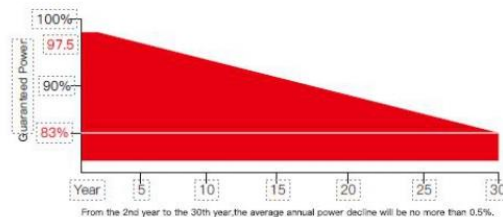
MBB and Half cell technique
More light utilization and current collection capabilities, effectively improving product power output and reliability



Long and reliable quality assurance

IEC61215(2016), IEC61730(2016)
ISO9001:2015: Quality management system
ISO14001:2015: Environmental management system
ISO45001:2018: Occupational health and safety management system

25 years material and workmanship.
30 years power linear warranty.

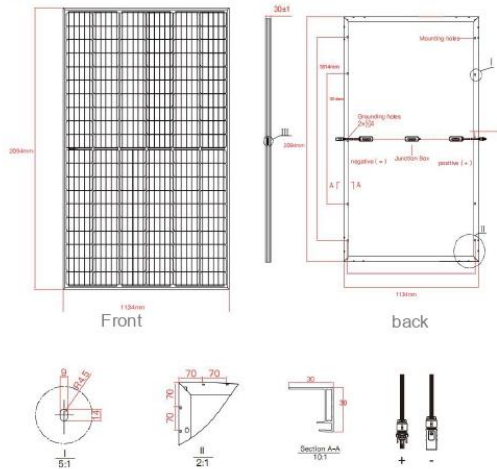


Electrical Parameters

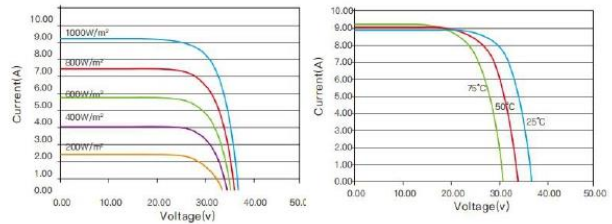
Model Type	ESM-485S		ESM-490S		ESM-495S		ESM-500S		ESM-505S	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	485	367	490	370	495	374	500	378	505	382
Open Circuit Voltage (Voc)	45.10	42.30	45.25	42.43	45.40	42.58	45.55	42.72	45.70	42.86
Short Circuit Current (Isc)	13.67	11.06	13.74	11.13	13.82	11.20	13.90	11.27	13.97	11.34
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.93	35.67	38.08	35.76	38.23	35.84	38.38	35.93	38.53	36.02
Maximum Power Current (Imp)	12.79	10.28	12.87	10.36	12.95	10.44	13.03	10.52	13.11	10.60
Module Efficiency - η_m (%)	20.6		20.90		21.10		21.30		21.50	
Operational Temperature	-40°C ~ +85°C									
Maximum System Voltage	1500VDC									
Maximum Series Fuse Rating	20A									
Power Tolerance	0 ~ +3%									
Temperature Coefficient of Pmax	-0.360%/°C									
Temperature Coefficient of Voc	-0.260%/°C									
Temperature Coefficient of Isc	+0.046%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C									
Safety Class	Class II									
Max Load (Front/back)	5400Mpa/2400Mpa									

STC: Irradiance 1000W/m² Cell temperature 25°C Atmospheric quality =1.5
 NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient temperature 25°C Atmospheric quality =1.5 Wind speed 1m/S

Mechanical Diagrams



Curve



Packing Details:

36pcs/pallet
 40HQ:26 pallets/container, 792pcs/container

EINNOVA SOLARLINE ENERGY CORP. LIMITED

210000 Nanjing
 PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA
 TEL: +86-25-8479-2033
 Cell: +86-138-13088384
 EMAIL: emma.wu@einnova-solarline.com
 Website: www.einnova-solarline.com

Specification

Cell type	mono crystalline 182*91mm
Half-cell quantity	132pcs
Dimension	2094×1134×30mm
Weight	25.5kgs±3%
Glass	3.2mm tempered glass and AR coated
Frame	Silver Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP68
Cable	1100mm (can be customized)

The company reserves the right of final right of adjustment of this file.



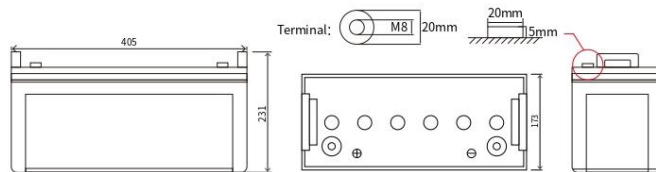
YANGZHOU DONGTAI SOLAR ENERGY CO.,LTD.

Yangzhou Dongtai Power Supply Co., Ltd. is located in Gaoyou Battery Industrial Park, Yangzhou City, Jiangsu Province. The company was established in 1988 and formally established in 2012. At present, the company has achieved satisfactory results in fields such as lead-acid gel batteries, solar energy storage batteries, solar street lamp lithium batteries, and home lithium energy storage systems. Our original intention is to provide reliable, economical, and efficient solar system solutions for the vast market.

Adhering to the strategic goal of building a first-class new energy production-oriented enterprise in the industry, the company has always been a pioneer in the solar energy industry for many years. The company's solar off grid power generation technology represents the new development trend of photovoltaic power generation and is the most attractive energy utilization technology in the 21st century. Firmly grasping the low-carbon economy, pragmatic innovation, abiding by integrity, mutual trust and common prosperity, and working together are the spirit of the enterprise; It is our corporate values to advocate energy-saving and low-carbon life, improve the structure of photovoltaic power supply, and fulfill social responsibility for environmental protection.

Yangzhou Dongtai power supply Co., Ltd. is a multi field, large-scale and powerful new energy leading enterprise. The company has always insisted on serving the country with industry, repaying the society with value, basing itself on the market with reputation and galloping the future with strength. Yangzhou Dongtai power supply is willing to join hands with all walks of life to create brilliance!

6-CNJ-120GEL BATTERY



Technology data

Rated voltage	Capacity (10hr,1.80V/Cell)	Weight	Max discharge current	Max charging current	Self-discharge (25°C)	Recommended Using temperature	Cover Material
12V	120Ah	32Kg	30I ₁₀ A(3min)	≤0.25C ₁₀	≤3%/month	15°C~25°C	ABS
Using temperature	Charging Voltage (25°C)	Charging Mode (25°C)		Cycle life	Capacity Affected by Temperature		
Discharge: -45°C~50°C	floating charge:	Float Charge: 2.275 ±0.025V/Cell		100%DOD 572 times	105% @ 40°C		
Charge: -20°C~45°C	13.5V-13.8V	Temperature parameters: ±3mV/Cell °C		50%DOD 1422 times	90% @ 0°C		
Storage: -30°C~40°C	equalizing charge:	Cycle Charge: 2.45 ±0.05V/Cell		30%DOD 2218 times	70% @ -20°C		
	14.4V-14.8V	Temperature Compensation Coefficient					
		±5mV/Cell °C					

Features

“TORCHN” battery, Maintenance free, and easy to use, Contemporary advanced technology research and development of new high-performance batteries, It can be widely used in solar energy , wind energy, telecommunication systems, off-grid systems, UPS and other fields. The designed life for the battery could be eight years up for float use.

Different discharge time at different terminal Voltage, discharge time(Amps,25)

Termination Voltage (V/Cell)	1H	3H	5H	10H	20H	50H	100H	120H	240H
1.7	63.72	28.96	19.35	12.49	6.45	2.71	1.47	1.31	0.68
1.75	62.45	28.67	19.02	12.31	6.30	2.60	1.38	1.21	0.63
1.8	61.20	28.40	18.72	12.00	6.15	2.52	1.32	1.14	0.61
1.85	58.75	28.23	18.36	11.51	5.85	2.41	1.23	1.06	0.55
1.9	56.41	27.99	18.08	11.26	5.75	2.34	1.19	1.02	0.52
1.95	53.93	27.43	17.71	11.84	5.35	2.17	1.13	0.97	0.49

Constant current discharge coefficient(25°C, A)

Certificate

ISO9001
CE
Compliant standards:
GB/T 22473-2008
GB/T 19638.2-2005
YD/T799-2002
IEC61427-2005
GB/T 19001-2016 idt ISO 9001:2015
EN IEC 61000-6-2:2019, EN IEC 61000-6-4:2019
EN IEC 61000-3-2:2019+AI:2021
EN 61000-3-3:2013+AI:2019

Contact information

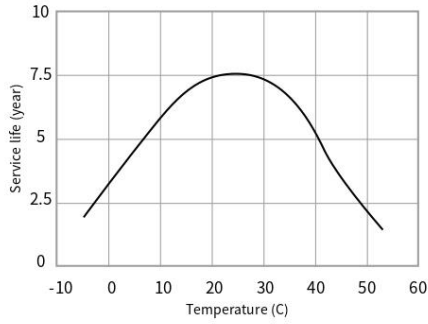
Contact number	Fax	E-mail	Website
+86 0514 82880056	+86 0514 82880056	alex@cndongtai.com	www.cndongtai.com



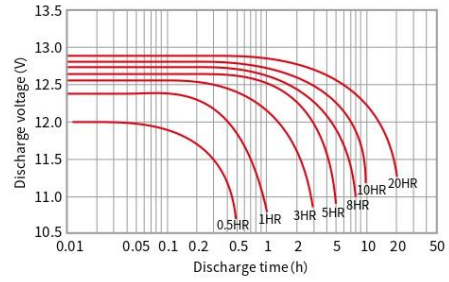
Performance characteristics

NOTE: The above data are average values, and can be obtained within 3 charge/discharge cycles. These are not minimum values. Cell and battery designs/specifications are subject to modification without notice.

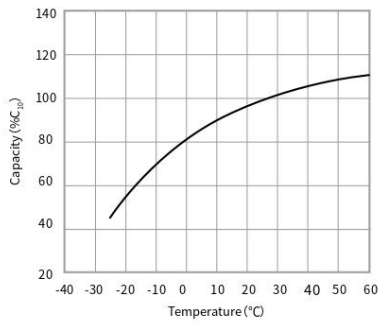
Temperature and service life



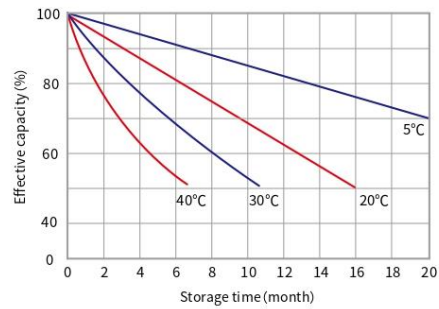
Discharge performance at different discharge rates(25°C/77°F)



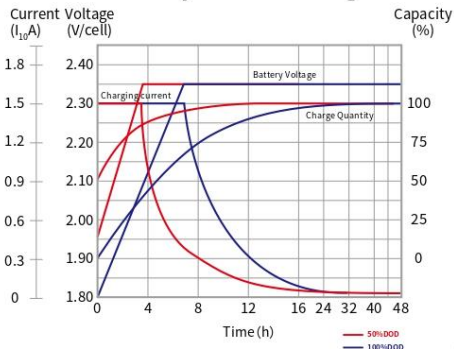
Temperature and discharge capacity



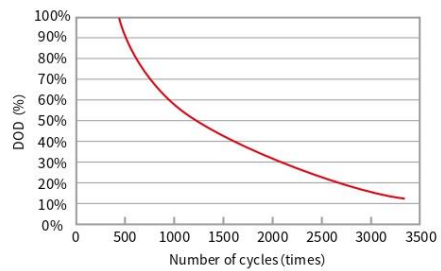
Self discharge parameters characteristics



Constant-potential charge



Cycle Service Life(25°C/77°F)



LOW FREQUENCY POWER INVERTER/CHARGER EP3000 LV2 Series

1-6KW | AC120V | WIFI | BAT-CAN



EP3000 LV2 series is very economical pure sine wave inverter, special in north & south america market, and AC charger from 35A to 70A. Solar/AC priority configurable. When solar priority, it can rise charge current lower than inverter's charger from AC. AC will supplement to charge the batteries, to optimize charging. With low frequency transformer, enable the inverter to operate with all kinds of home appliances.

- 3 Stage charging
- MPD (multi-function display)
- Overload and short-circuit protection
- Set charging voltage/charging current
- Battery low voltage shutdown point can be set to 10.0V/5.1/11.5/12V
- Power-save mode
- Set utility priority/Battery priority
- Set utility input wide/variable range
- Inverter voltage can be set to 110V/115V/120V
- Inverter frequency can be set to 50/60Hz
- Set utility charging mode/switch
- Acs or Lithium select
- Wifi monitoring function (optional)
- With BMS lithium battery communication function (CAN port)

Back panel description



Solar system connection



MODEL	EP30-1012	EP30-1024	EP30-1512	EP30-1524	EP30-2012	EP30-2024	EP30-3012	EP30-3024	EP30-4012	EP30-4024	EP30-5012	EP30-5024	EP30-6012	EP30-6024
	10V2	10V2	15V2	15V2	20V2	20V2	30V2	30V2	40V2	40V2	50V2	50V2	60V2	60V2
Normal Battery System Voltage	12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	24VDC	48VDC	24VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC
INVERTER OUTPUT														
Rated Power	100W	130W	20W	20W	30W	30W	40W	40W	50W	50W	60W	60W	60W	60W
Surge Rating	3000VA	4000VA	6000VA	6000VA	8000VA	8000VA	12000VA	12000VA	15000VA	15000VA	18000VA	18000VA	18000VA	18000VA
Capable Of Starting Electric Motor	1HP													
Waveform	Pure sine wave (same as input (depends model))													
Normal Output Voltage RMS	110V/115V/120VAC ±10% (RMS)													
Output Frequency	50 Hz / 60 Hz (±0.3 Hz)													
Inverter Efficiency(Peak)	≥ 88%													
Line Mode Efficiency	≥ 93%													
Power Factor	1.0													
Typical Transfer Time	10ms (min)													
Overload	100% + Load ± 10% (alarm 5min then stop output and fault code 07) 110% + Load ± 12% (alarm 60s then stop output and fault code 07) Load + 125% (alarm 60s then stop output and fault code 37)													
AC INPUT														
Voltage	120VAC													
Selectable Voltage Range	73-139VAC (for Personal Computers)													
Frequency Range	50/60Hz (Auto sensing) 60-40Hz													
BATTERY														
Minimum Start Voltage	10V/ 10.5V/ 11V/ 11.5V/ 12V ±0.5V (for 12VDC mode P2 for 24VDC, N for 48VDC)													
Low Battery Alarm	10V/ 10.5V/ 11V/ 11.5V/ 12V ±0.5V (for 12VDC mode P2 for 24VDC, N for 48VDC)													
Low Battery Cut off	10V/ 10.5V/ 11V/ 11.5V/ 12V ±0.5V (for 12VDC mode P2 for 24VDC, N for 48VDC)													
High Voltage Alarm	13.1V/13.5V/14V for 12VDC mode P2 for 24VDC, N for 48VDC													
High Battery Voltage Recover	12.14V/12.5V for 12VDC mode P2 for 24VDC, N for 48VDC													
Idle Consumption Search Mode	Load 150-20W(120V)													
CHARGER														
Output Voltage	Depends on battery type													
Charger AC Inlet Breaker Rating	30A/40A													
Overcharge Protection (S.D.)	15.7VDC for 12VDC mode P2 for 24VDC mode N for 48VDC mode													
Maximum Charge Current	30A	20A	45A	25A	60A	30A	40A	20A	60A	30A	35A	35A	40A	40A
BYPASS & PROTECTION														
Input Voltage Waveform	Sine wave (grid or generator)													
Normal Input Frequency	50Hz or 60Hz													
Overload Protection (EMPS Inhibit)	Circuit breaker													
Output Short Circuit Protection	Circuit breaker													
AC Input Circuit Breaker	30A				40A				60A / 63A					
MECHANICAL SPECIFICATIONS														
Mounting	Wall Mount													
Machine Dimension (W*H*D)mm	307*497*200													
Package Dimension (W*H*D)mm	515*519*400													
FLWeight	/													
GWWeight	/													
OTHER														
Operation Temperature Range	0°C to 40°C													
Storage Temperature	-15°C to 60°C													
Audible Noise	60dB MAX													
Display	LCD+LED													
Standard Warranty	2 years													
CERTIFICATION & STANDARDS														

The technical specifications in this document are subject to change without any notice.

Solar System

PWM Solar Charge Controller



PC1500B Series PWM - Regulador carga solar

Características:

- En intensidades 10A 20A 30A 40A 50A 60A.
- Pantalla LCD de fácil lectura.
- Operación sencilla por botones.
- Detección automática de voltaje del sistema.
- Algoritmo carga inteligente PWM.
- Protección ajustable carga-descarga.
- Compensación automática por temperatura.
- Selección de tecnología de batería.
- Protección de corriente inversa de batería.
- Desconexión de batería por bajo voltaje (LVD).
- Protección polaridad invertida en batería.
- Protección por sobre-voltaje.
- Puertos para carga USB en modelos hasta 40A.

Introducción:

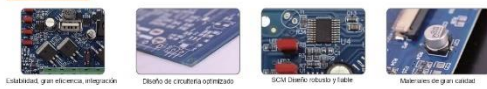
Este regulador solar de carga y descarga inteligente tiene una interfaz sencilla y visual gracias a su pantalla LCD de grandes dimensiones. Muchos parámetros de control se pueden ajustar con gran flexibilidad en función de nuestros requisitos.

LCD Información Display

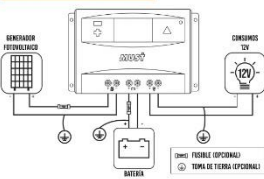


MF	Posición	Función
0	Corta	Seguimiento visualizador, incremento mientras está en ajuste
Larga (≥3 s)		Incremento continuo mientras está en ajuste
E	Corta	Visualización previa, incremento mientras está en ajuste
Larga (≥3 s)		Incremento continuo mientras está en ajuste
F	Corta	Interruptor consumos CC, Enter configuración / guardar
Larga (≥3 s)		Entrar menú secundario

Detalles internos



Conexión al sistema solar:



Funciones:



PC1500B SERIES Controladores



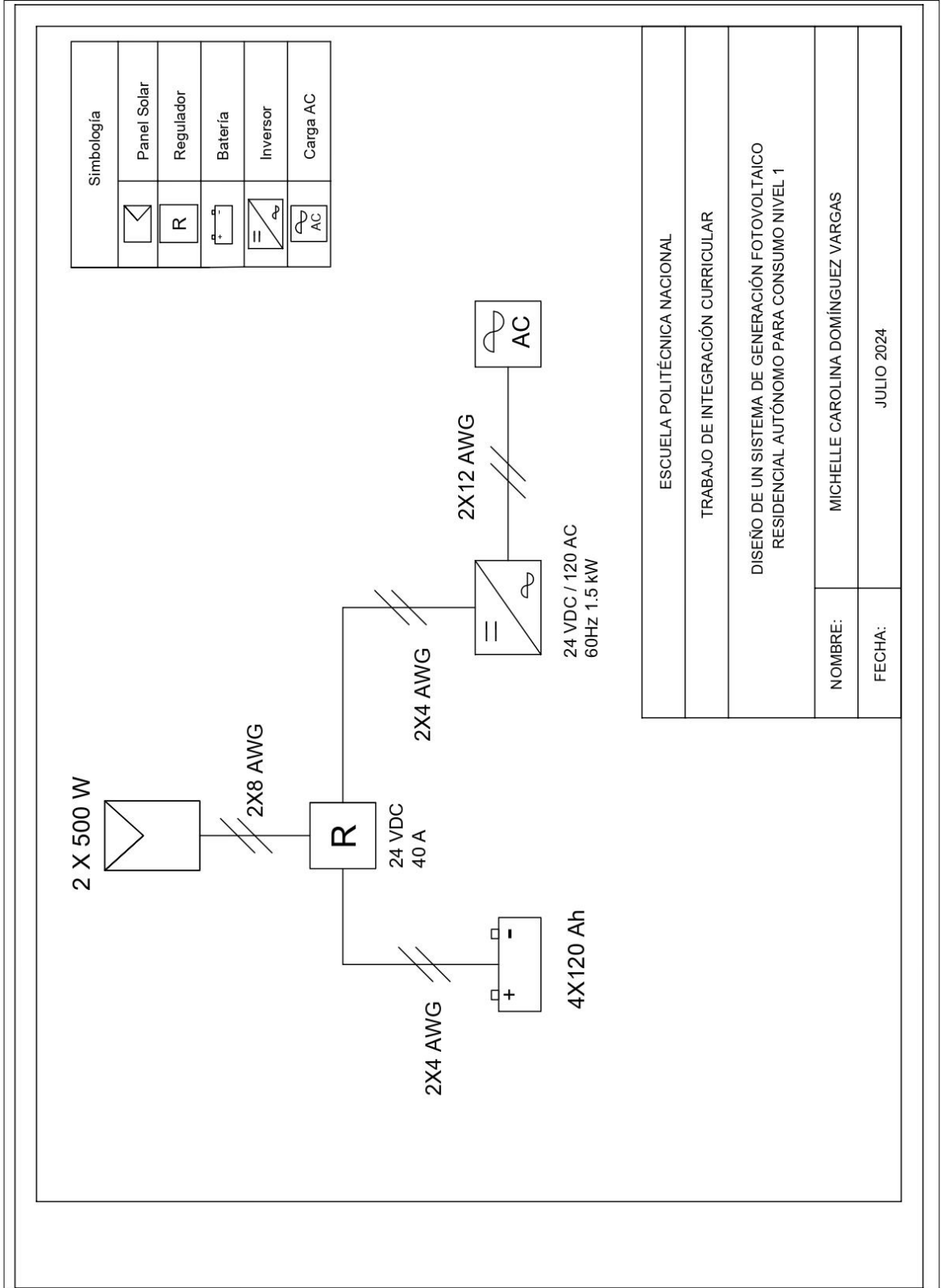
Modelos: PC1500B-10 y 20A	Modelos: PC1500B-30 y 40A	Modelos: PC1500B-50 y 60A	Modelos: PC1500B-60 y 80A
Voltaje: 12-24V Auto-detección Corriente carga: 10A y 20A Puertos USB: 5V, 1A x 2 Tamaño LCD: 2.8"	Voltaje: 12-24V Auto-detección Corriente carga: 30A y 40A Puertos USB: 5V, 1A x 2 Tamaño LCD: 2.8"	Voltaje: 12-24V Auto-detección y modelo 48V Corriente carga: 50A Tamaño LCD: 2.8"	Voltaje: 12-24V Auto-detección y modelo 48V Corriente carga: 60A Tamaño LCD: 2.8"

Aplicación



	Modelo	PC1500B-10-20	PC1500B-30-40	PC1500B-50-60	PC1500B-60-80		
Entrada	Voltage V	±50V					
	Intensidad nominal	10A	20A	30A	40A	50A	
	Voltage sistema	12/24V Auto					
	Desconexión por alto voltaje	16.00V x 1.1 x 2 x 3 x 4 (0.5V)					
	Intensidad descarga nominal	10A	20A	30A	40A	50A	
	Autoconsumo	≤130mA					
	Caida de tensión cuando carga	≤0.24V					
	Caida de tensión cuando descarga	≤0.13V					
	Salida	Modo de carga	PWM 4 etapas carga, asociación, flotación, equalización				
		Voltage Carga Flotación	13.8V (13V-15V) x 1 x 2 x 3 x 4				
Voltage Carga Absorción		14.6V (13V-15V) x 1 x 2 x 3 x 4					
Voltage Carga Equalización		14.6V (13V-15V) x 1 x 2 x 3 x 4					
Protección Rapo Voltage		10.7V (10V-14V) x 1 x 2 x 3 x 4					
Reconexión Rapo Voltage		12.6V (10V-14V) x 1 x 2 x 3 x 4					
Salida USB		5V, 1A x 2					
Sección Cableado		≤10mm ² / ≤16mm ² / ≤16mm ² / ≤10mm ²					
Temperatura trabajo		-20°C-55°C					
Características físicas		Tamaño (L x W x H)	188 x 90 x 46.9mm			196 x 111 x 54mm	
	Peso neto	290g			407g		

ANEXO III



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL AUTÓNOMO PARA CONSUMO NIVEL 1	
NOMBRE:	MICHELLE CAROLINA DOMÍNGUEZ VARGAS
FECHA:	JULIO 2024

ANEXO IV

San Juan de Ilumán

Nº de cliente: EPN
Nombre del proyecto: Trabajo de Integración Curricular
N.º de oferta: Propuesta

11/7/2024

Su sistema FV

Dirección de la instalación

San Juan de Ilumán



Numero de oferta: Propuesta

Vista general del proyecto

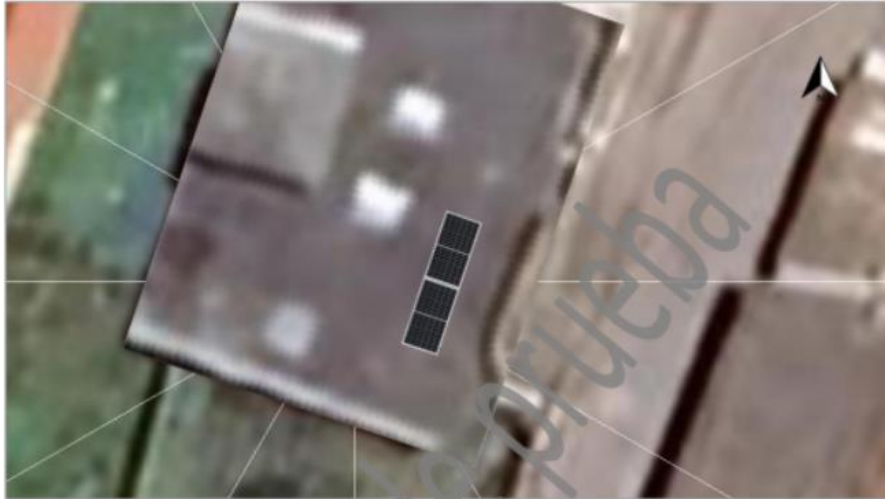


Figura: Vista general, Planificación 3D

Instalación FV

3D, Sistema FV autónomo

Datos climáticos	San Juan de Ilumán, ECU (2001 - 2020)
Fuente de los valores	Meteonorm 8.2(i)
Potencia generador FV	1 kWp
Superficie generador FV	4,7 m ²
Número de módulos FV	2
Número de inversores	1
Número de inversores de baterías	1
Número de baterías	4

Trabajo de Integración Curricular

Número de oferta: Propuesta

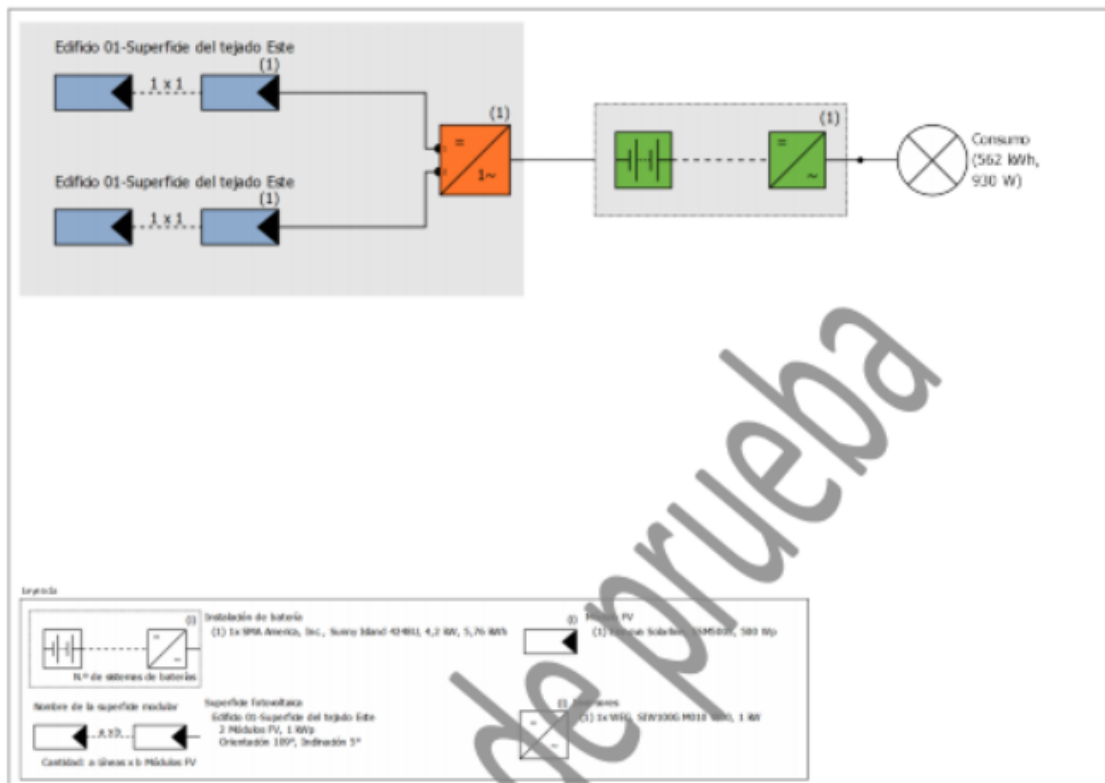


Figura: Diagrama esquemático

Pronóstico rendim.

Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	1,00 kWp
Rendimiento anual espec.	1.489,26 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	82,09 %
Reducción de rendimiento por sombreado	0,0 %
Máxima energía fotovoltaica posible	1.489 kWh/Año
Energía FV utilizable	968 kWh/Año
Cobertura del consumo	180 kWh/Año
Carga de baterías	788 kWh/Año
Fracción de cobertura solar	100,0 %
Eficiencia del sistema	37,3 %
Emisiones de CO ₂ evitadas	202 kg / año

Trabajo de Integración Curricular

Número de oferta: Propuesta

Evaluación económica

Su beneficio

Costes totales de inversión	1627.8 \$
Tasa interna de retorno (TIR)	0,00 %
Duración amortización	0,0 Años
Costes de producción de energía	0 \$/kWh
Costes específicos	0.24 \$/kWh

Trabajo de Integración Curricular

Número de oferta: Propuesta

Disposición de la instalación

Resumen

Datos del sistema

Tipo de instalación 3D, Sistema FV autónomo

Datos climáticos

Ubicación San Juan de Iluman, ECU (2001 - 2020)

Fuente de los valores Meteonorm 8.2(i)

Resolución de los datos 1 h

Modelos de simulación utilizados:

- Radiación difusa sobre la horizontal Hofmann
- Radiación sobre superficie inclinada Hay & Davies

Consumo

Consumo total	562 kWh
Bombillas LED	11 kWh
Computador	102 kWh
Licuada	46 kWh
Radio	183 kWh
Television satelital	44 kWh
Toma para celular	13 kWh
TV	164 kWh
Pico de carga	0,9 kW

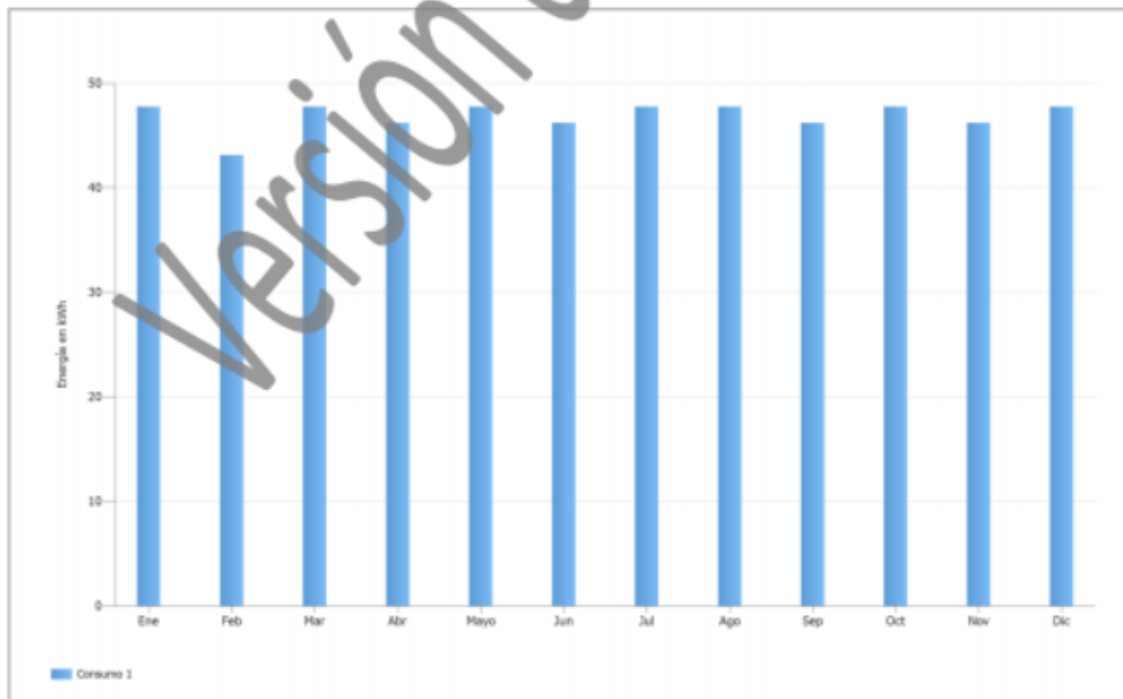


Figura: Consumo

Trabajo de Integración Curricular

Número de oferta: Propuesta

Superficies de módulos

1. Superficie fotovoltaica - Edificio 01-Superficie del tejado Este

Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Edificio 01-Superficie del tejado Este

Nombre	Edificio 01-Superficie del tejado Este
Módulos FV	2 x ESM500S (v1)
Fabricante	Einnova Solarline
Inclinación	5 °
Orientación	Este 109 °
Situación de montaje	Sobre soportes - tejado
Superficie generador FV	4,7 m ²



Figura: 1. Superficie fotovoltaica - Edificio 01-Superficie del tejado Este

Trabajo de Integración Curricular

Número de oferta: Propuesta

Línea del horizonte, Planificación 3D

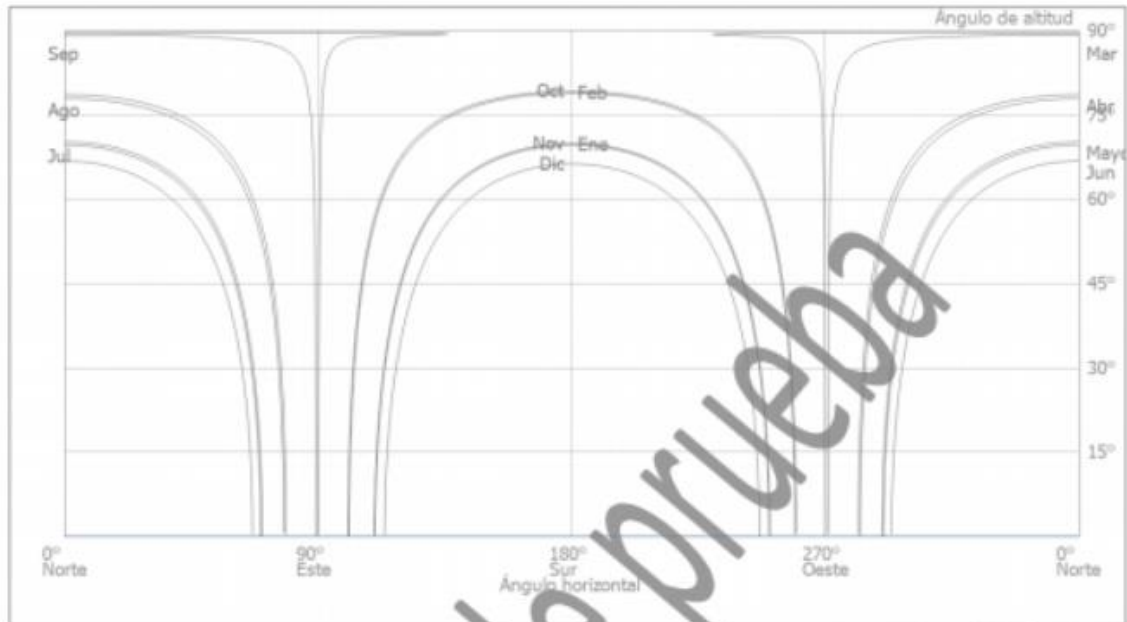


Figura: Horizonte (Planificación 3D)

Conexión del inversor

Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Edificio 01-Superficie del tejado Este
Inversores 1	
Modelo	SIW100G M010 W00 (v1)
Fabricante	WEG
Cantidad	1
Factor de dimensionamiento	100 %
Conexión	MPP 1: 1 x 1 MPP 2: 1 x 1

Red de CA

Red de CA

Número de fases	1
Tensión de red entre fase y neutro	120 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

Sistema FV autónomo

Generador adicional

Modelo	8.83 kW - 230/400 V - 3p (v2)
Fabricante	Example
Potencia continua	8,83 kW

Trabajo de Integración Curricular

Número de oferta: Propuesta

Inversores de batería y Batería

Potencia total	5,4 kW
Energía total de la batería	5,8 kWh
Tiempo d'autonomía	3 Días
Cluster 1	
Potencia	5,4 kW
Inversores de batería	
Modelo	Sunny Island 4248U (v1)
Fabricante	SMA America, Inc.
Cantidad	1
Batería	
Modelo	LANYU batería (v3)
Fabricante	Example
Cantidad	4 (4 x 1)
Tipo de batería	Ácido de plomo - Gelada (Gel)

Trabajo de Integración Curricular

Número de oferta: Propuesta

Resultados de simulación

Resultados Sistema completo

Instalación FV

Potencia generador FV	1,00 kWp
Rendimiento anual espec.	1.489,26 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	82,09 %
Reducción de rendimiento por sombreado	0,0 %
Máxima energía fotovoltaica posible	1.489 kWh/Año
Energía FV utilizable	968 kWh/Año
Cobertura del consumo	180 kWh/Año
Carga de baterías	788 kWh/Año

Energía FV utilizable



Consumidores

Consumo	562 kWh/Año
Consumo con desconexión de carga	556 kWh/Año
Consumo Standby (Inversores)	8 kWh/Año
Pérdida de cables	6 kWh/Año
Consumo total	562 kWh/Año
cubierto mediante energía fotovoltaica	180 kWh/Año
cubierto mediante batería	382 kWh/Año
Fracción de cobertura solar	100,0 %

Consumo total



Instalación de batería

Recarga de baterías	788 kWh/Año
Cobertura del consumo mediante sistema de baterías	382 kWh/Año
Pérdidas debido a la carga/descarga	307 kWh/Año
Pérdidas en batería	105 kWh/Año
Carga de ciclos 1	6,3 %
Vida útil 1	>12 Años

Sistema completo

Eficiencia del sistema	37,3 %
Emisiones de CO ₂ evitadas	202 kg / año

Trabajo de Integración Curricular

Número de oferta: Propuesta

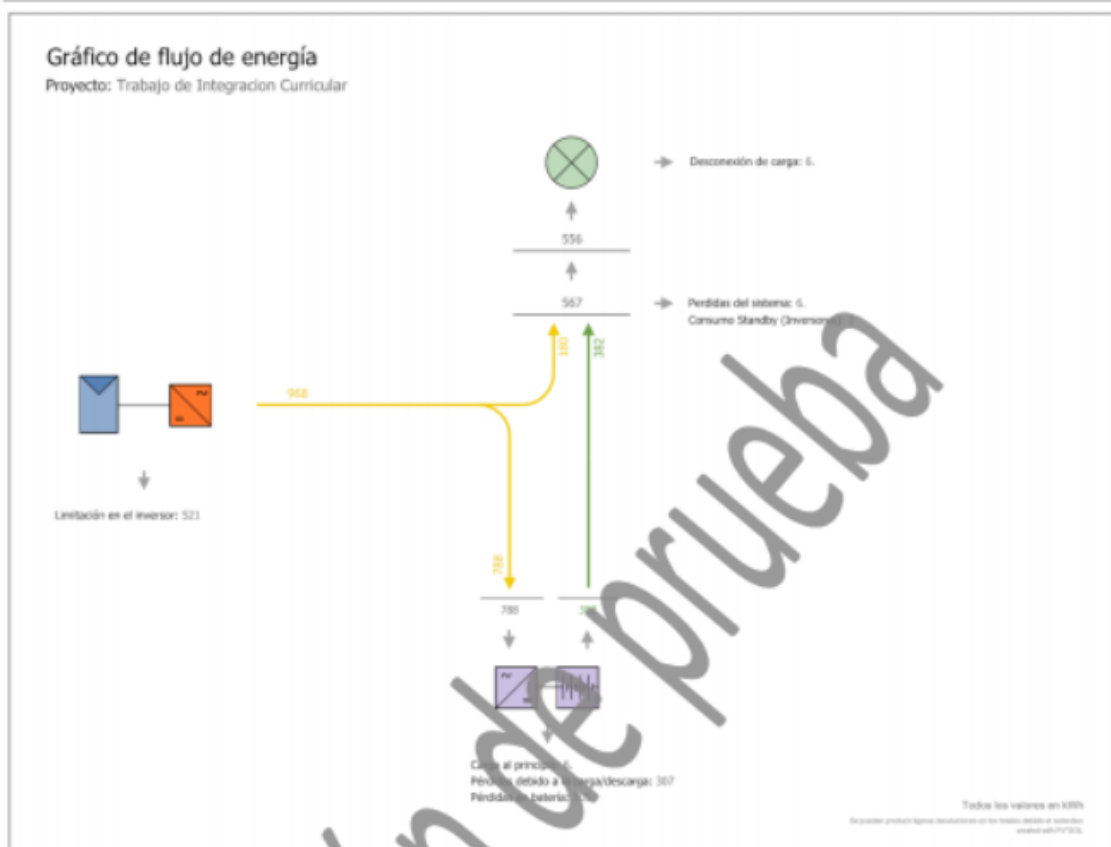


Figura: Flujo de energía

Trabajo de Integración Curricular

Número de oferta: Propuesta

Análisis de rentabilidad

Resumen

Datos del sistema

Periodo de consideración	12 Años
Número de componentes de instalación	
Número de módulos FV	2
Número de inversores	1
Número de inversores de baterías	1
Número de baterías	4
Análisis de rentabilidad	
Total de los costes de inversión	1627.8 \$
Costes específicos	0.24 \$/kWh