

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA
ABASTECER LA DEMANDA DE UNA VIVIENDA RURAL

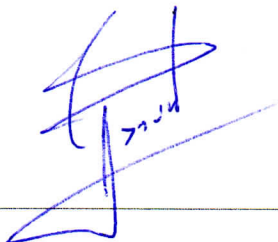
SIMULACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR EN
ELECTROMECAÁNICA



ESTEBAN FERNANDO VINUEZA ALBÁN

esteban.vinueza@epn.edu.ec



DIRECTOR: ING. ALAN DANIEL CUENCA SÁNCHEZ

alan.cuenca@epn.edu.ec

DMQ, agosto 2022

CERTIFICACIONES

Yo, ESTEBAN FERNANDO VINUEZA ALBÁN 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.

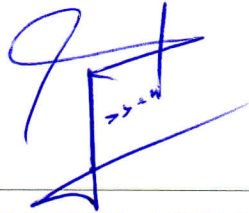


ESTEBAN FERNANDO VINUEZA ALBÁN

esteban.vinueza@epn.edu.ec

dhedmundo@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por el Sr. Esteban Fernando Vinueza Albán, bajo mi supervisión.



ING. ALAN DANIEL CUENCA SÁNCHEZ

DIRECTOR

alan.cuenca@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmo 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 me corresponde como autor que ha 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.

ESTEBAN FERNANDO VINUEZA ALBÁN

Correo: esteban.vinueza@epn.edu.ec

Teléfono: 0961111107

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres porque ellos me han apoyado incondicionalmente durante toda mi vida, al resto de mi familia y amigos porque ellos anhelan que culmine con éxito mi etapa universitaria.

Esteban Vinueza

AGRADECIMIENTO

Por este medio doy las gracias a mi madre y mi padre por su inmensa ayuda durante todo el trayecto de mi vida: sin ellos no hubiera conocido lo que es vivir bajo un techo, comer todos los días, estudiar en una institución, tener bienes materiales, etc... así mismo, sin su ayuda habría desconocido lo que es el cariño paterno y materno y hubiese ignorado los principios básicos del ser humano. Agradezco igualmente al resto de mi familia: abuelitas, tíos, tías, primos y primas quienes me han apoyado en distintas etapas de mi crecimiento. También, doy las gracias a aquellos amigos que han compartido experiencias agradables y caóticas junto a mí. En general, agradezco a cada persona que ha compartido su experiencia e historia conmigo.

Finalmente, me agradezco a mí mismo por seguir adelante académica, profesional y emocionalmente pese a las barreras que haya encontrado en mi camino. Ya van dos décadas en este recorrido llamado vida y pienso avanzar firmemente hacia mis objetivos.

Esteban Vinuesa

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	2
Energía solar fotovoltaica	2
Sistema aislado a la red.....	3
Aplicaciones de los sistemas aislados.....	4
PVsyst.....	5
2 METODOLOGÍA	7
2.1 Requerimientos.....	8
2.2 Dimensionamiento	9
2.3 Herramienta de dimensionamiento en Visual Basic.....	19
2.4 Simulación PVsyst	23
2.5 Manual de uso	29
3 RESULTADOS.....	31
3.1 Pruebas y análisis de resultados	31
4 CONCLUSIONES	34
5 RECOMENDACIONES.....	36
6 REFERENCIAS	38
7 ANEXOS.....	40
Anexo I. Reporte de similitud generado por Turnitin	41
Anexo II. Certificado de funcionamiento de trabajo de integración curricular.....	42
Anexo III. Datos Técnicos	43

Anexo IV. Plano Esquemático.....	44
Anexo V. Costos del sistema.....	45
Anexo VI. Informe de PVsyst.....	46

RESUMEN

El proyecto de titulación: “Simulación de un sistema fotovoltaico aislado para abastecer la demanda de una vivienda rural” se creó con el fin de compartir una herramienta técnica con aquellas personas interesadas en el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos aislados.

El presente documento consta de siete secciones, las cuales se detallan a continuación:

En la primera sección de este escrito se ofrece una introducción al proyecto, es decir, se mencionan los objetivos propuestos para este y su alcance. Además, se definen conceptos como: energía solar fotovoltaica, sistema aislado a la red, aplicaciones de los sistemas aislados y el software PVsyst, los cuales son imprescindibles para desarrollar este trabajo.

La segunda sección aborda la metodología empleada durante el desarrollo de este proyecto. Algunos aspectos por considerar son los requerimientos para el sistema fotovoltaico, su respectivo dimensionamiento en una herramienta diseñada en Excel, la creación de un manual de uso para esta herramienta y la simulación del sistema en PVsyst.

En la tercera sección se describen los resultados obtenidos con este trabajo. Para ello, se realiza una comparación entre resultados analíticos y simulados.

En la cuarta sección se presentan las conclusiones del proyecto y en la quinta sección, las respectivas recomendaciones.

En la sexta sección se agrupan todas las referencias bibliográficas que sirvieron como guías para el desarrollo de este trabajo.

Por último, en la séptima sección se presentan todos los anexos del proyecto.

PALABRAS CLAVE: Energías Renovables, Eficiencia Energética, PVsyst, sistema fotovoltaico *aislado*.

ABSTRACT

The degree project: "Simulation of an isolated photovoltaic system to supply the demand of a rural house" was created in order to share a technical tool with those people interested in the dimensioning of isolated photovoltaic systems.

This document consists of seven sections, which are detailed below:

In the first section of this paper, an introduction to the project is offered, that is, the proposed objectives and their scope are mentioned. In addition, concepts such as: photovoltaic solar energy, off grid system, applications of off grid systems and PVsyst software are defined, which are essential to develop this work.

The second section addresses the methodology used during the development of this project. Some aspects to consider are the requirements for the photovoltaic system, its respective dimensioning in a tool designed in Excel, the creation of a user manual for this tool and the simulation of the system in PVsyst.

The third section describes the results obtained with this work. To do this, a comparison is made between analytical and simulated results.

The fourth section presents the conclusions of the project and the fifth section, the respective recommendations.

In the sixth section, all the bibliographic references that served as guides for the development of this work are compiled.

Finally, in the seventh section all the annexes of the project are presented.

KEYWORDS: Renewable Energies, Energy Efficiency, PVsyst, Off Grid photovoltaic system.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La mayoría de las viviendas alrededor del mundo están conectadas a postes de distribución de energía eléctrica para satisfacer necesidades como la iluminación del hogar o el uso de una determinada gama de electrodomésticos. Sin embargo, existe un grupo minoritario de la población que reside en zonas remotas, que carece de acceso a dichas tomas de electricidad y necesita de un sistema alternativo para el suministro eléctrico en sus hogares.

A partir de este hecho surgen dos nuevas realidades: una positiva y otra negativa. Por un lado, ya se cuenta con una alternativa para generar y suministrar electricidad en viviendas apartadas de la ciudad: dicha opción es el uso de sistemas fotovoltaicos aislados o sistemas *Off Grid*, los cuales aprovechan la energía solar. No obstante, surge el inconveniente de que un gran número de personas carece de los conocimientos para dimensionar e implementar por cuenta propia este tipo de sistemas.

Con base en esta premisa, el presente proyecto está enfocado al diseño de una herramienta con la ayuda del paquete de ofimática Excel y el software Visual Basic for Applications (VBA). Esta herramienta será de gran ayuda para aquellos profesionales que se especializan y/o dedican al dimensionamiento de este tipo de sistemas; sin embargo, puede ser usada por cualquier persona con acceso a la misma.

La herramienta consta de nueve ventanas que dimensionan los distintos componentes del sistema fotovoltaico aislado: en la primera ventana se realiza un estudio de las cargas eléctricas (electrodomésticos) que posee una vivienda mientras que en la segunda ventana se determina el voltaje DC del sistema fotovoltaico.

En la tercera, cuarta, quinta y sexta ventana se dimensionan equipos como: número de paneles solares, controladores de carga, inversores y baterías respectivamente. En el caso de los paneles es necesario considerar las horas solares pico (HSP) de la vivienda, el número de paneles requeridos y la conexión entre ellos: en serie, en paralelo o mixto. En función del arreglo de estos componentes se escoge un modelo comercial de paneles solares y, adicionalmente, un controlador de carga. Por otro lado, el inversor se dimensiona en función del voltaje DC del sistema, el voltaje AC que entrega a la vivienda y la potencia eléctrica máxima capaz de soportar; en el caso de las baterías, se consideran parámetros como la profundidad de descarga y los días de autonomía de estas.

En la séptima y octava ventana se dimensionan los cables y fusibles del sistema en función de las corrientes eléctricas que manejan los equipos previamente mencionados. Finalmente, la novena ventana muestra un informe sobre el sistema aislado dimensionado.

En el Anexo II se muestra el certificado de funcionamiento de la herramienta de dimensionamiento.

1.1 Objetivo general

Simular un sistema fotovoltaico aislado para abastecer la demanda de energía eléctrica.

1.2 Objetivos específicos

1. Determinar los requerimientos necesarios para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico *Off Grid*.
2. Realizar el dimensionamiento del sistema.
3. Desarrollar una herramienta de cálculo utilizando Visual Basic for Applications.
4. Simular el sistema en el programa PVsyst.
5. Realizar un manual de uso de la herramienta de cálculo.
6. Realizar pruebas de validación del dimensionamiento realizado.

1.3 Alcance

Este proyecto servirá como una guía del dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos *Off Grid* para cualquier persona interesada en este tipo de sistemas; sin embargo, está dedicado especialmente para aquellos profesionales y/o futuros técnicos especializados en la rama de energía solar fotovoltaica. La ejecución de este proyecto se llevará a cabo en tres etapas principales: el estudio de cargas de una vivienda en particular; el dimensionamiento del sistema *Off Grid* y la simulación de dicho sistema en el software PVsyst.

1.4 Marco teórico

Energía solar fotovoltaica

La energía fotovoltaica es la energía que viaja desde el sol hacia la Tierra. El sol emite radiación infrarroja por medio de partículas diminutas llamadas fotones. Estas partículas

son las que cargan la energía del sol y se aprovechan en la Tierra para aplicaciones como calentadores solares, los cuales se usan en las viviendas. Otra aplicación de la energía solar es la generación de electricidad para grandes ciudades, tal es el caso del desierto de Patagonia, un lugar que recepta enormes cantidades de radiación solar y la transforma en energía eléctrica o la almacena en sales especiales dentro de un contenedor. Además, la energía solar es aprovechada a nivel domiciliario para abastecer la demanda eléctrica de los hogares tal y como se aprecia en la Figura 1.1.

La energía solar fotovoltaica combinada con la energía eléctrica entregada por la red de distribución son una excelente alternativa para reducir los costos en la factura del consumo eléctrico, a este sistema se lo conoce como sistema fotovoltaico *On Grid* o sistema fotovoltaico conectado a la red. Por otro lado, el sistema que aprovecha la energía solar en zonas donde la red eléctrica no está disponible se conoce como sistema fotovoltaico *Off Grid* o sistema aislado y, en función de este último, se desarrolla el presente trabajo.



Figura 1.1. Paneles solares en residencias domiciliarias [1].

Sistema aislado a la red

Como ya se mencionó, un sistema aislado u *Off Grid* está planeado para aprovechar la energía solar en lugares apartados a la red eléctrica. Además, las viviendas que utilizan estos sistemas poseen electrodomésticos o cargas eléctricas que demandan un bajo consumo de energía. Por ejemplo: luminarias, televisores, tomacorrientes, radios, celulares, cargadores de teléfono, laptops, computadoras de escritorio y cocinas.

En un sistema aislado se encuentran equipos como: paneles fotovoltaicos, controladores de carga, inversores y baterías tal y como se ilustra en la Figura 1.2. Los paneles fotovoltaicos son los equipos encargados de transformar la energía del sol en electricidad. En un inicio, los paneles fotovoltaicos eran costosos puesto que la energía fotovoltaica era pionera en el mercado; sin embargo, en la actualidad se han reducido sus costos considerablemente. Por ejemplo, en el año 2005 un solo panel fotovoltaico que entregaba 400W de potencia eléctrica tenía un costo de 1200 USD mientras que en el año 2022 se ha reducido casi cinco veces ese valor.

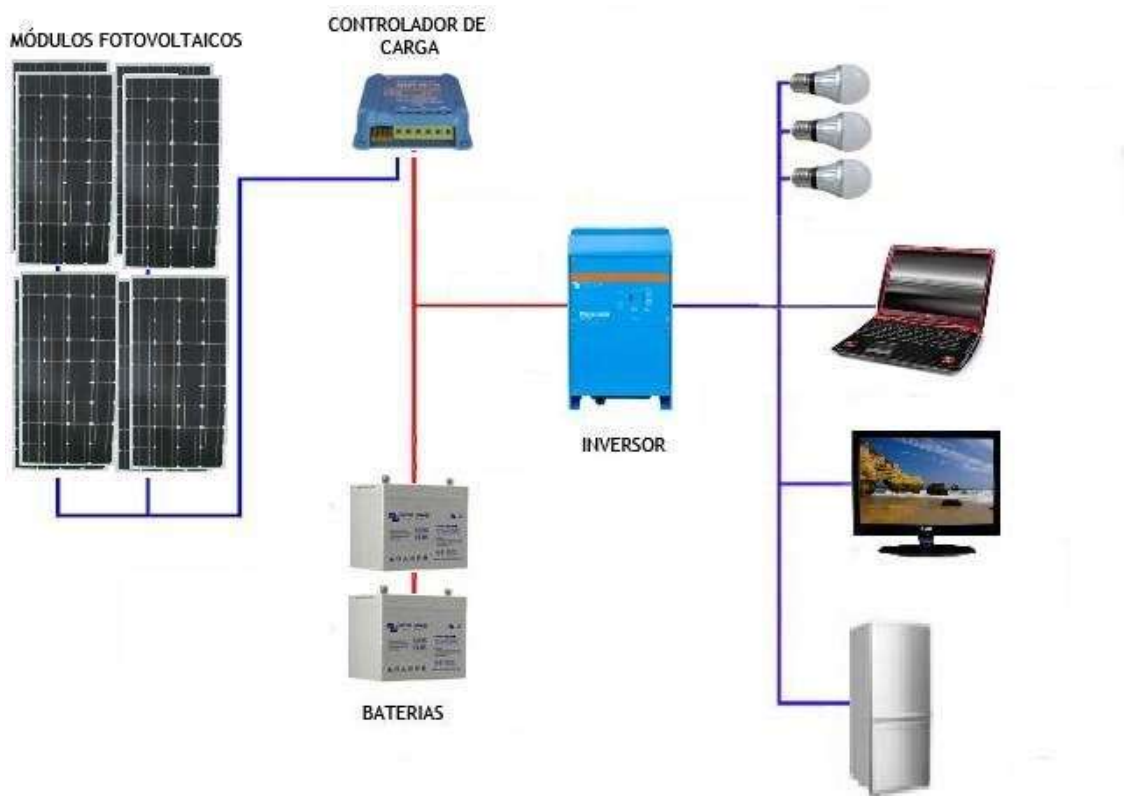


Figura 1.2. Componentes de un sistema *Off Grid* [2].

Aplicaciones de los sistemas aislados

Los sistemas fotovoltaicos *Off Grid* tienen gran relevancia en el sector domiciliario en zonas rurales (Ver Figura 1.3) puesto que compensan la inaccesibilidad a la red eléctrica tradicional con el uso de paneles fotovoltaicos. Además, gracias a que los sistemas aislados no abastecen cargas muy considerables, suelen ser pequeños e ideales para sistemas de riego o bombeo y en sistemas de iluminación.



Figura 1.3. Los sistemas *Off Grid* abastecen cargas eléctricas en zonas apartadas de la ciudad [3].

PVsyst

Es un software de simulación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red, sistemas aislados y sistemas de bombeo. La versión 6.7 del programa permite diseñar sistemas de hasta 30kW, es decir, se pueden evaluar proyectos fotovoltaicos tanto para media como alta tensión. Cuenta con dos interfaces de trabajo: la primera, la cual se muestra en la Figura 1.4, permite realizar una evaluación estimada del comportamiento de una instalación fotovoltaica mientras que su segunda interfaz es más completa y permite un diseño más detallado del sistema: aquí considera otros aspectos como la temperatura, ubicación geográfica, equipos solares comerciales, entre otros.

La interfaz más completa está compuesta por 7 secciones: “Orientación” para definir las coordenadas geográficas del lugar en el que se realizará la instalación fotovoltaica, “Necesidades de usuario” en la cual se realiza el estudio de cargas, “Sistema” en el cual se ven las características y componentes del sistema fotovoltaico, “Pérdidas detalladas” “Perfil obstáculos”, “Sombras cercanas” y “Evaluación económica”.

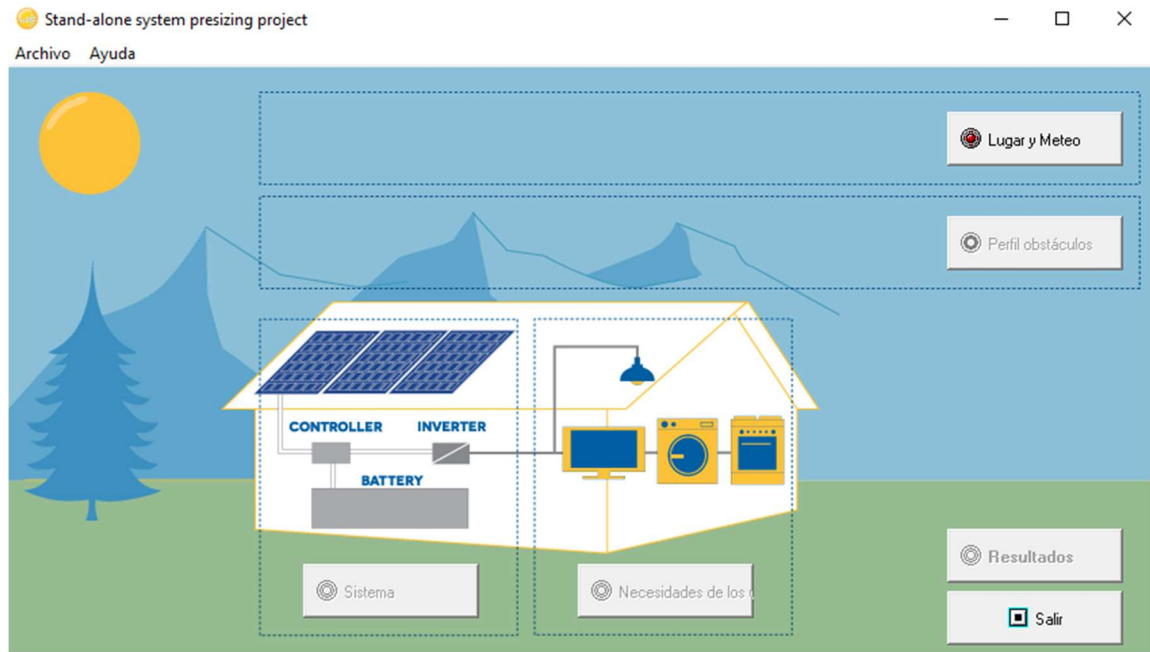


Figura 1.4. Entorno de trabajo del software PVsyst.

2 METODOLOGÍA

En la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) ya se han implementado proyectos para aprovechar la energía solar en el sector domiciliario. En función de estos trabajos, se aprecia que la tecnología fotovoltaica es una excelente alternativa para la generación y suministro de energía eléctrica, por ende, su difusión en la comunidad es importante.

Para contribuir con dicha causa, se diseñará una herramienta de dimensionamiento de sistemas *Off Grid* con la ayuda de Microsoft Excel y el software VBA: estos son los recursos principales para desarrollar la interfaz gráfica de la herramienta virtual. Además, los cálculos y fórmulas presentes en la herramienta se basarán en el método del CIEMAT [4].

Tras construir la herramienta de cálculo, se validará su funcionamiento por medio de un caso de estudio. En este caso práctico se analizarán las cargas eléctricas de una vivienda para determinar los parámetros y equipos propios de un sistema *Off Grid*.

Una vez que se corrobore la efectividad de la herramienta por medio del caso práctico, se elaborará un manual de uso en formato de video; dicho manual ayudará a los usuarios a utilizar correctamente la herramienta y así, diseñar por cuenta propia un sistema *Off Grid*.

A continuación, se usará el programa PVsyst para la simulación del sistema *Off Grid* dimensionado en la herramienta de Excel; en este programa nuevamente se ingresará la información de las cargas eléctricas de la vivienda y se completarán el resto de los campos descritos en el marco teórico.

Consecuentemente, se compararán los resultados obtenidos a través de la herramienta de dimensionamiento con los resultados de la simulación para validar el dimensionamiento realizado.

Por último, se empleará el software AutoCAD para el diseño del plano correspondiente al sistema fotovoltaico dimensionado. Este plano estará disponible para futuros proyectos de energías renovables y eficiencia energética que deseen implementar este sistema.

2.1 Requerimientos

Para este proyecto se ha seleccionado a la parroquia de San Antonio de Pichincha en Quito, Ecuador para el dimensionamiento de un sistema aislado en una vivienda unifamiliar. La localización exacta del lugar se indica en la Figura 2.1.

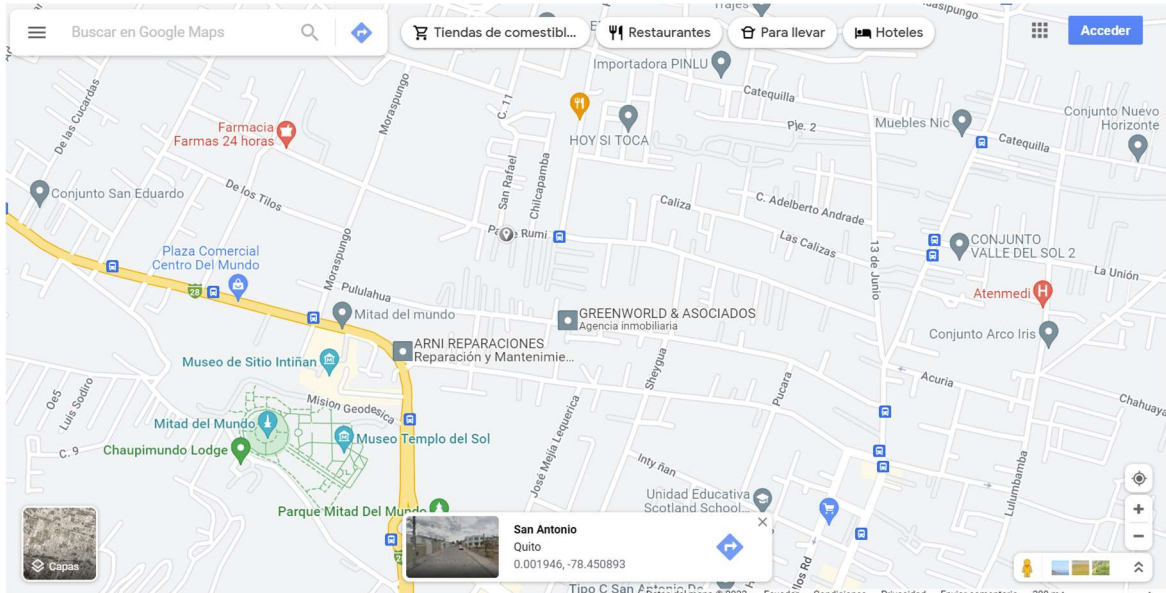


Figura 2.1. Ubicación de la vivienda en la latitud 0.001946° y longitud -78.45° [5].

Antes de dimensionar un sistema *Off Grid* o cualquier sistema fotovoltaico en general, es importante conocer el recurso solar existente en un área geográfica. Se entiende por recurso solar a la cantidad de sol que llega a un lugar y una excelente forma de medir este recurso es a través de las horas solares pico o HSP. Las HSP son el número de horas a lo largo del día a las cuales en un lugar en específico ha existido una potencia solar de 1000 (W) incidiendo sobre una superficie; en términos matemáticos esto se expresa de la siguiente forma:

$$1 \text{ HSP} = 1000 \left(\frac{W}{m^2} \right)$$

En campo, las HSP se miden con la ayuda de un piranómetro y los valores arrojados por este instrumento suelen registrarse en plataformas virtuales como PVGIS y NASA POWER, las cuales son de acceso público. En la Figura 2.2 y la Figura 2.3 se muestran las ventanas principales de dichas plataformas.

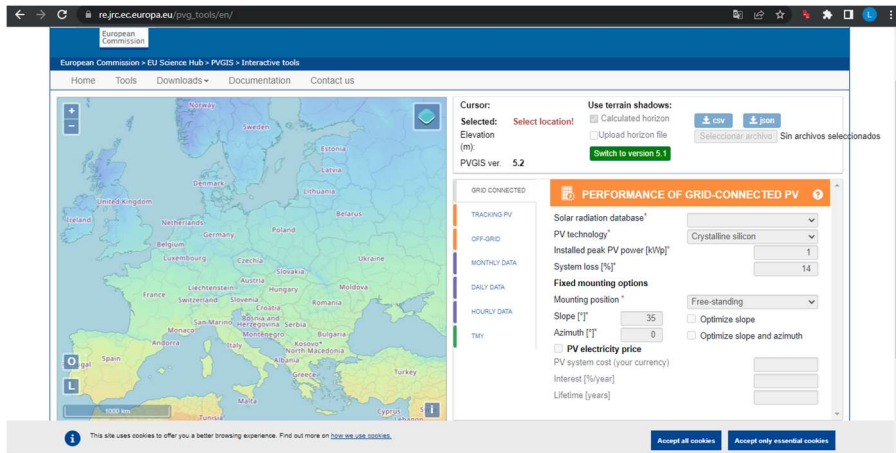


Figura 2.2. Pestaña de inicio de la plataforma PVGIS [6].

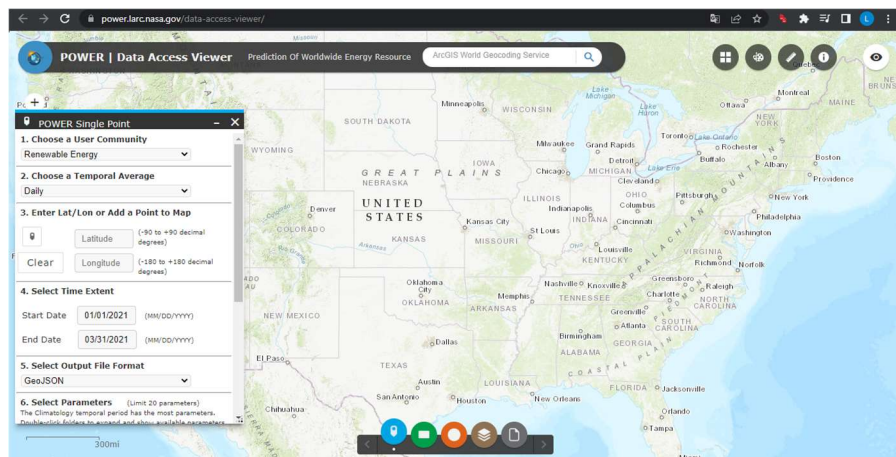


Figura 2.3. Pestaña de inicio de la plataforma NASA POWER [7].

En Ecuador también se puede recurrir al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAHMI) para obtener información sobre el recurso solar presente en cualquier ubicación del país. Sin embargo, los trámites requeridos para obtener esta información suelen tomar demasiado tiempo y por tal motivo, se prefirió el uso de las bases de datos PVGIS y NASA POWER para la medición del recurso solar. Estas plataformas permiten descargar datos en un archivo de Excel y estos últimos son procesados para obtener las HSP.

2.2 Dimensionamiento

Las viviendas, locales, habitaciones, entre otros... poseen electrodomésticos que funcionan gracias a la energía eléctrica. Por esta razón, el primer paso en el dimensionamiento de un sistema *Off Grid* es el estudio de cargas: aquí se conoce cuál es el voltaje con el que se alimenta una carga (o electrodoméstico), la potencia que esta consume, el número de

horas que se usa al día, así como el número de aparatos que existen en el hogar. Para el caso práctico de este proyecto se han tomado como referencia las cargas de la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Cargas eléctricas de una vivienda unifamiliar.

Aparato/Carga	Cantidad	Potencia por aparato (W)	Voltaje del aparato (V)	Horas de uso diario
Cargador de teléfono	2	20	110	4
Computador portátil	1	60	110	6
Lavadora	1	800	110	2
Luminaria	6	9	110	6
Radio	1	30	110	6
Router	1	25	110	24
Televisor	1	400	110	6

Una vez que se conoce toda la información de las cargas del hogar, se determinan dos características eléctricas: consumo diario, el cual se mide en (Wh/día) y la demanda máxima, cuya unidad es el watio (W). El consumo diario de cada carga se calcula con la Ecuación 2.1 mientras que la demanda máxima se determina con la Ecuación 2.2 cuando la potencia de la carga es menor o igual a los 750 (W) o con la Ecuación 2.3 cuando la potencia es superior a los 750 (W)

$$\text{Consumo diario} = \text{Cantidad} * \text{Potencia} * \text{Hora de uso diario}$$

Ecuación 2.1. Consumo diario por carga eléctrica.

$$\text{Demanda máxima} = \text{Cantidad} * \text{Potencia}$$

Ecuación 2.2. Demanda máxima cuando la potencia de la carga es menor o igual a los 750 (W).

$$\text{Demanda máxima} = 3 * \text{Cantidad} * \text{Potencia}$$

Ecuación 2.3. Demanda máxima cuando la potencia de la carga supera los 750 (W).

En el caso del computador portátil, los cálculos son los siguientes:

$$\text{Consumo diario} = 1 * 60 * 6 = 360 \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Demanda máxima} = 1 * 60 = 60 (W)$$

En cambio, con la lavadora se obtienen los siguientes valores:

$$\text{Consumo diario} = 1 * 800 * 2 = 1600 \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Demanda máxima} = 3 * 1 * 800 = 2400 \text{ (W)}$$

Estos cálculos se repiten con las cargas restantes y los valores resultantes se registran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Valores finales de consumo diario y demanda máxima.

Aparato/Carga	Cantidad	Potencia por aparato (W)	Voltaje del aparato (V)	Horas de uso diario	Consumo diario (Wh/día)	Demanda máxima (W)
Cargador de teléfono	2	20	110	4	160	40
Computador portátil	1	60	110	6	360	60
Lavadora	1	800	110	2	1600	2400
Luminaria	6	9	110	6	324	54
Radio	1	30	110	6	180	30
Router	1	25	110	24	600	25
Televisor	1	400	110	6	2400	400
TOTAL					5624	3009

Tras determinar los valores de la Tabla 2.2, se sobredimensiona al consumo diario puesto que los componentes del sistema van a tener pérdidas de energía y aparte, existen ocasiones en las que se usan ciertas cargas durante un tiempo mayor al planificado. Para este sobredimensionamiento se usa la Ecuación 2.4.

$$\text{Cons}_{\text{sobre}} = \text{Consumo diario total} * (1 + f_{\text{sobre}})$$

Ecuación 2.4. Consumo diario sobredimensionado.

Donde:

$\text{Cons}_{\text{sobre}}$ es el consumo diario sobredimensionado

f_{sobre} es un factor de sobredimensionamiento el cual puede ser 0.2; 0.25 o 0.3

Para el caso de estudio, el consumo diario sobredimensionado es igual a:

$$\text{Cons}_{\text{sobre}} = 5624 * (1 + 0.25) = 7030 \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right)$$

A continuación, se determina el voltaje del sistema, el cual puede ser 12 (V_{DC}), 24 (V_{DC}) o 48 (V_{DC}). Para ello, se usa el criterio del CIEMAT:

- Si $0 (W) < Cons_{sobre} \leq 2000 (W)$, entonces el voltaje del sistema es 12 (V_{DC}).
- Si $2000 (W) < Cons_{sobre} \leq 4000 (W)$, entonces el voltaje del sistema es 24 (V_{DC}).
- Si $Cons_{sobre} > 4000 (W)$, entonces el voltaje del sistema es 48 (V_{DC}).

Para este caso, el voltaje del sistema es 48 (V_{DC}) porque $Cons_{sobre} = 7030 \left(\frac{Wh}{día}\right)$

A continuación, se calcula la potencia fotovoltaica (P_{FV}) del sistema con la Ecuación 2.5, el dato de $Cons_{sobre}$ y el valor de HSP, el cual es igual a 4.67 (horas al día).

$$P_{FV} = \frac{Cons_{sobre}}{HSP}$$

Ecuación 2.5. Potencia fotovoltaica calculada.

Para el ejemplo P_{FV} es igual a:

$$P_{FV} = \frac{7030}{4.67} = 1505.35 (W)$$

Después, se consultan hojas de datos de paneles comerciales como el de la Tabla 2.3 para conocer su potencia eléctrica, voltaje en circuito abierto (V_{oc}), corriente de cortocircuito (I_{sc}), voltaje de operación (V_{mp}) y corriente de operación (I_{mp}).

Tabla 2.3. Datos técnicos del panel SARONIC 48 (V_{DC}) 400 (W) [8].

PARÁMETROS ELÉCTRICOS A CONDICIONES STC					
TIPO					
Potencia máxima (P _{máx}) [W]	390	395	400	405	410
Voltaje de circuito abierto (V _{oc}) [V]	48.91	49.21	49.5	49.81	50.12
Voltaje de máxima potencia (V _{mp}) [V]	40.55	40.85	41.17	41.46	41.76
Corriente de cortocircuito (I _{sc}) [A]	10.16	10.21	10.26	10.32	10.37
Corriente de máxima potencia (I _{mp}) [A]	9.62	9.67	9.72	9.77	9.82
Eficiencia del módulo [%]	19.4	19.7	19.9	20.2	20.4

Con la información de la hoja de datos del panel y la Ecuación 2.6, se determina el número tentativo de paneles fotovoltaicos.

$$\#tent\ paneles = \frac{P_{FV}}{P_{PANEL}}$$

Ecuación 2.6. Número tentativo de paneles fotovoltaicos.

Donde:

P_{PANEL} es la potencia propia de panel que en este caso será 400 (W)

Por tanto:

$$\#tent\ paneles = \frac{1505.35}{400} = 3.76 \approx 4$$

Nota: Se debe considerar el número de paneles al valor entero inmediato superior.

Por otro lado, el número definitivo de paneles se define a partir de la conexión entre estos equipos: en serie, en paralelo o mixto, siendo esta última una de las opciones más usadas en sistemas fotovoltaicos aislados. Para escoger la mejor conexión se usan las Ecuaciones 2.7 y 2.8 para una conexión en serie; las Ecuaciones 2.9 y 2.10 para una conexión en paralelo; las Ecuaciones 2.11 y 2.12 si $\#tent\ paneles$ es un número impar y la conexión es mixta; las Ecuaciones 2.13 y 2.14 si $\#tent\ paneles$ es un número par y la conexión es mixta. Adicionalmente, la Ecuación 2.15 es válida para cualquiera de las conexiones.

$$V_{SERIE} = \#tent\ paneles * V_{OC}$$

Ecuación 2.7. Voltaje del arreglo de paneles conectados en serie.

$$I_{SERIE} = I_{SC}$$

Ecuación 2.8. Corriente del arreglo de paneles conectados en serie.

$$V_{PARALELO} = V_{OC}$$

Ecuación 2.9. Voltaje del arreglo de paneles conectados en paralelo.

$$I_{PARALELO} = \#tent\ paneles * I_{SC}$$

Ecuación 2.10. Corriente del arreglo de paneles conectados en paralelo.

$$V_{MIXTO\alpha} = \frac{(\#tent\ paneles + 1) * V_{OC}}{2}$$

Ecuación 2.11. Voltaje del arreglo de paneles si $\#tent\ paneles$ es un número impar y la conexión es mixta.

$$I_{MIXTOa} = 2 * I_{SC}$$

Ecuación 2.12. Corriente del arreglo de paneles si *#tent paneles* es un número impar y la conexión es mixta.

$$V_{MIXTOb} = \frac{\#tent\ paneles * V_{OC}}{2}$$

Ecuación 2.13. Voltaje del arreglo de paneles si *#tent paneles* es un número par y la conexión es mixta.

$$I_{MIXTOb} = I_{SC} * 2$$

Ecuación 2.14. Corriente del arreglo de paneles si *#tent paneles* es un número par y la conexión es mixta.

$$P_{CONEXIÓN} = V_{CONEXIÓN} * I_{CONEXIÓN}$$

Ecuación 2.15. Potencia del arreglo de paneles.

En este ejemplo:

$$V_{SERIE} = 4 * 49,5 = 198 (V)$$

$$I_{SERIE} = 10.26 (A)$$

$$P_{SERIE} = 198 * 10.26 = 2031.48 (W)$$

$$V_{PARALELO} = 49.5 (V)$$

$$I_{PARALELO} = 4 * 10.26 = 41.04 (A)$$

$$P_{PARALELO} = 49,5 * 41.04 = 2031.48 (W)$$

$$V_{MIXTO} = \frac{4 * 49.5}{2} = 99 (V)$$

$$I_{MIXTO} = 2 * 10.26 = 20.52 (A)$$

$$P_{MIXTO} = 99 * 20.52 = 2031.48 (W)$$

En función de estos resultados se escoge la conexión mixta y el número definitivo de paneles fotovoltaicos es igual a 4. Además, se buscan modelos comerciales de controladores de carga que trabajen con el mismo voltaje del sistema, es decir, 48 (V_{DC}); que soporten un voltaje, una corriente y una potencia igual o superior al dimensionado en el arreglo de paneles. Para el ejemplo, se usará el controlador de la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Datos técnicos del controlador 150/45 2600 (W) del fabricante Victron Energy [9].

Controlador de Carga	150/45	150/60	150/70	150/85	150/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24, 36 o 48 V				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal 12V	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal 24V	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal 36V	1950W	2580W	3000W	3600W	4350W
Potencia FV nominal 48V	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W

Hasta este punto se ha tratado con equipos que operan con corriente continua DC; sin embargo, para transformar esta corriente DC en corriente alterna AC se necesita un inversor comercial, el cual debe aceptar en su entrada el mismo voltaje DC del sistema fotovoltaico, generar un voltaje AC en su salida y soportar la demanda máxima calculada en el estudio de cargas. Para el caso de estudio, dichos valores son iguales a 48 (V_{DC}), 110 (V_{AC}) y 3009 (W) y el inversor que satisface estos requerimientos se muestra en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Datos del inversor Quattro 48 (V_{DC}) 6000 (W) del fabricante Victron Energy [10] [11].

Inversor Quattro	48/3000/35-50/50 120V	12/5000/220-100/100 120V	
		24/5000/120-100/100 120V	48/10000/140-100/100 120V
Rango de voltaje de entrada	9.5 - 17V 19 - 33V 38 - 66V		
Salida	Voltaje de salida: 120Vac ± 2%		Frecuencia: 60Hz ± 0.1%
Potencia compleja de salida a 25°C	3000 VA	5000 VA	10000 VA
Pico de potencia real	6000 W	10000 W	20000 W
Eficiencia máxima	94 %	94/94/95 %	96 %

A continuación, se dimensiona el número de baterías del sistema. Para ello, se requieren los datos de voltaje del sistema, el consumo diario sobredimensionado, el número de días de autonomía de las baterías: típicamente suelen ser uno o dos días; la profundidad de descarga deseada en las baterías, la cual suele ser igual al 50% y la eficiencia del inversor. Adicionalmente, se necesita la capacidad y el voltaje de una batería comercial, estos últimos datos se los obtiene de la hoja técnica del mismo equipo.

Para el caso de estudio, las baterías del sistema tendrán un día de autonomía, se usará una eficiencia del inversor del 94% acorde a la Tabla 2.5, los datos de la batería "Plus Energy" de la Tabla 2.6 y las Ecuaciones 2.16, 2.17, 2.18 y 2.19 para determinar el número total de baterías.

Tabla 2.6. Datos técnicos de la batería Plus Energy [12].

Batería Plus Energy 12V 150Ah	
Voltaje nominal (V)	12
Capacidad de la batería (Ah)	150

$$\frac{Ah}{\text{día}} = \frac{Cons_{sobre}}{\text{Voltaje del sistema} * \text{Eficiencia del inversor}}$$

Ecuación 2.16. Amperios-hora consumidos al día por una batería.

Nota: Los valores de eficiencia del inversor y profundidad de descarga se dividen para 100 si están expresados en porcentaje.

$$\#baterías \text{ en paralelo} = \frac{\frac{Ah}{\text{día}} * \text{Días de autonomía}}{\text{Capacidad de la batería} * \text{Profundidad de descarga}}$$

Ecuación 2.17. Número de baterías conectadas en paralelo.

$$\#baterías \text{ en serie} = \frac{\text{Voltaje del sistema}}{\text{Voltaje de la batería}}$$

Ecuación 2.18. Número de baterías conectadas en serie.

$$\#total \text{ de baterías} = \#baterías \text{ en paralelo} * \#baterías \text{ en serie}$$

Ecuación 2.19. Número total de baterías.

Para el ejemplo:

$$\frac{Ah}{día} = \frac{7030}{48 * \frac{94}{100}} = 155.81 (Ah)$$

$$\#baterías \text{ en paralelo} = \frac{155.81 * 1}{150 * \frac{50}{100}} = 2.07 \approx 3 \text{ baterías}$$

$$\#baterías \text{ en serie} = \frac{48}{12} = 4 \text{ baterías}$$

$$\#total \text{ de baterías} = 3 * 4 = 12 \text{ baterías}$$

Después de determinar los equipos fotovoltaicos más adecuados para el sistema, se dimensionan los cables y protecciones entre: paneles y controlador, controlador y baterías, baterías e inversor. Para ello, se toman como referencia a las corrientes del arreglo de paneles y del controlador de carga, que en este caso son iguales a 20.52 (A) y 45 (A). Con estos valores, se consultan catálogos de cables como el de la Tabla 2.7 y se selecciona un modelo cuya corriente sea superior a los valores de referencia.

Tabla 2.7. Cables THHN Formación Unilay del catálogo Electrocables [13].

CONDUCTOR			Espesor de aislamiento (mm ²)	Espesor de chaqueta (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox. (kg/km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección transversal (mm ²)	No. Hilos					
FORMACIÓN UNILAY							
14	2.08	19	0.38	0.1	2.76	23.58	25
12	3.31	19	0.38	0.1	3.26	35.93	30
10	5.261	19	0.51	0.1	4.11	55.95	40
8	8.367	19	0.76	0.13	5.4	93.62	55
6	13.3	19	0.76	0.13	6.34	142.58	75
4	21.15	19	1.02	0.15	8.09	228.51	95
2	33.62	19	1.02	0.15	9.59	350.9	130
1	42.4	19	1.27	0.18	11.04	437.08	150
1/0	53.49	19	1.27	0.18	12.05	560.77	170
2/0	67.44	19	1.27	0.18	13.17	697.21	195
3/0	85.02	19	1.27	0.18	14.43	868.29	225
4/0	107.2	19	1.27	0.18	15.85	1083.04	260

Para el ejemplo:

- Un cable AWG14 de 25 (A) del catálogo “Electrocables” es apto para la conexión entre los paneles y el controlador.
- Un cable AWG8 de 55 (A) del catálogo “Electrocables” es apto para la conexión entre el controlador y las baterías.
- Un cable AWG8 de 55 (A) del catálogo “Electrocables” es apto para la conexión entre las baterías y el inversor.

Por otro lado, las protecciones de los sistemas aislados suelen ser fusibles y se dimensionan de manera similar a los cables puesto que a las corrientes de los equipos se las sobredimensionan en un factor de 0.25 con excepción de la corriente del arreglo de paneles porque dicho parámetro usa el valor de corriente de cortocircuito I_{sc} .

Para el caso de estudio, estas corrientes son iguales a 20.52 (A) y 56.25 (A). A partir de estas nuevas corrientes de referencia sobredimensionadas se busca un catálogo de fusibles comerciales como el de la Tabla 2.8 e igualmente se escoge un modelo comercial cuya corriente nominal supere a las corrientes de referencia sobredimensionadas. Para el ejemplo:

- Un fusible 32 (A) es apto para la conexión entre los paneles y el controlador.
- Un fusible 63 (A) es apto para la conexión entre el controlador y las baterías.
- Un fusible 63 (A) es apto para la conexión entre las baterías y el inversor.

Tabla 2.8. Listado de fusibles comerciales [14].

Fusibles Serie NH0	Fusibles Serie NH0
10A 500V	40A 500V
16A 500V	50A 500V
20A 500V	63A 500V
25A 500V	80A 500V
32A 500V	100A 500V

En el Anexo III se muestran las hojas técnicas de los equipos fotovoltaicos y en el Anexo IV se presenta el plano esquemático del sistema *Off Grid* dimensionado.

2.3 Herramienta de dimensionamiento en Visual Basic

La herramienta de dimensionamiento de sistemas *Off Grid* se creó con la ayuda de VBA en Excel. Básicamente, VBA es un entorno de trabajo para el diseño de algoritmos de programación e interfaces visuales amigables con el usuario. Por ejemplo, en la Figura 2.4 se muestra la ventana para el estudio de cargas eléctricas; en este espacio, el usuario ingresa datos referentes a las cargas de interés y modifica dicha información con los botones “Agregar Datos”, “Eliminar último dato” o “Eliminar todos los datos”.

FASE 1: ESTUDIO DE CARGAS

Ingrese los datos de sus electrodomésticos:

Aparato/Carga:

Cantidad:

Potencia (W):

Voltaje (V):

Horas de uso diario:

Total consumo diario: 5624 (Wh/día)

Total demanda máxima: 3009 (W)

Aparato/Carga	Cantidad	Potencia (W)	Voltaje (V)	Horas de uso diario
Cargador de teléfono	2	20	110	4
Computador portátil	1	60	110	6
Lavadora	1	800	110	2
Luminaria	6	9	110	6
Radio	1	30	110	6
Router	1	25	110	24
Televisor	1	400	110	6

Figura 2.4. Ventana para el estudio de cargas con VBA.

Además, al pulsar el botón “Ejecutar cálculos” se muestran los valores de consumo diario y demanda máxima totales para el sistema; en cambio, el botón “Ejemplo de cargas” despliega la lista de cargas usadas para el caso de estudio de este proyecto, su consumo diario y demanda máxima. Por último, el botón “Siguiente Formulario” permite la transición hacia el siguiente paso (o fase) del dimensionamiento del sistema.

A continuación, aparece la ventana de voltaje del sistema de la Figura 2.5 y al igual que en el dimensionamiento por medio de cálculos, se escoge un factor de sobredimensionamiento de 0.25 para el consumo diario y se determina que el voltaje del sistema es igual a 48 (V_{DC}) tal y como se realizó analíticamente con el método del CIEMAT.

FASE 2: DETERMINAR EL VOLTAJE DEL SISTEMA

Recuerde: Su consumo diario es igual a: **5624** (Wh/día)

Escoja un factor de sobredimensionamiento: **0.25**

Ingresar Datos

Consumo diario sobredimensionado = **7030** (Wh/día)

Calcular voltaje del sistema

El voltaje de su sistema es igual a 48 (V)

Formulario Anterior **Siguiente Formulario**

Figura 2.5. Ventana para determinar el voltaje del sistema.

La siguiente ventana en aparecer se muestra en la Figura 2.6 y esta corresponde a la selección del o los panel(es) fotovoltaico(s) para el sistema. Para el caso de estudio, se selecciona un panel fotovoltaico de 48 (V_{DC}) y 400 (W), dando como resultado un número tentativo de paneles igual a cuatro.

FASE 3: SELECCIÓN DEL PANEL FOTOVOLTAICO

Recuerde: Su consumo diario sobredimensionado es igual a **7030** (Wh/día)

Actualmente, las horas solares pico (HSP) seleccionadas son **4.67** horas.

Si desea actualizar este valor, primero visite las plataformas **PVGIS** **NASA**

Actualice el valor de sus HSP: **4.67** **Actualizar**

Escoja un panel fotovoltaico

48V 400W SARONIC

Aceptar

Número tentativo de paneles: 4

Panel 48V 400W SARONIC

Fabricante:	SARONIC	
Precio:	183.68	(USD)
Potencia:	400	(W)
Vmp:	41.17	(V)
Imp:	9.72	(A)
Voc:	49.5	(V)
Isc:	10.26	(A)
Más información:	https://bit.ly/3zUdPc2	

Anterior Formulario **Siguiente Formulario**

Figura 2.6. Ventana para seleccionar un panel fotovoltaico.

Secuencialmente, se usan las ventanas de la Figura 2.7 y la Figura 2.8 para determinar la conexión entre los paneles, el número definitivo de estos equipos y seleccionar un controlador de carga.

FASE 4: SELECCIÓN DEL CONTROLADOR DE CARGA ✖

Cuadro de conexiones entre paneles fotovoltaicos:

	TIPOS DE CONEXIONES		
	En Serie	En Paralelo	Mixto
Corriente necesaria (A)	10.26	41.04	20.52
Voltaje necesario (V)	198	49.5	99
Potencia entregada (W)	2031.48	2031.48	2031.48

Tenga en mente dos cosas: 1) Los valores elevados de corriente le van a generar mayores inversiones al comprar cable. 2) Asegúrese que el valor del voltaje sea menor a los 600V por la disponibilidad de equipos fotovoltaicos en el mercado.

Sugerencia para escoger una conexión: En lo posible, trabaje con conexiones mixtas puesto que tienen valores de voltaje y corriente intermedios entre una conexión en serie y una conexión en paralelo. Además, suelen ser las conexiones más amigables en el tema de costos.

¿Cuál es su decisión? Escoja la conexión:

▼
Mixto

Ingresar conexión

Conexión escogida: Mixto

Número definitivo de paneles fotovoltaicos: 4

Anterior Formulario

Continuar

Figura 2.7. Ventana para determinar la conexión y número definitivo de paneles.

FASE 4: SELECCIÓN DEL CONTROLADOR DE CARGA ✖

Escoja un controlador de carga

▼
MPPT 48V 45A 150V 2600W Victron Energy

Aceptar

MPPT 48V 45A 150V 2600W Victron Energy

Fabricante: Victron Energy

Precio: 525.28 (USD)

Potencia entregada: 2600 (W)

Corriente entregada: 45 (A)

Voltaje entregado: 150 (V)

Más información: <https://bit.ly/3HEUsp7>

Regresar

Siguiente Formulario

Figura 2.8. Ventana para seleccionar un controlador de carga.

En la ventana de la Figura 2.9 se selecciona un inversor comercial en base a las mismas consideraciones analíticas del sistema.

FASE 5: SELECCIÓN DEL INVERSOR

El inversor del sistema debe cumplir ciertas condiciones:

- Debe alimentarse con: **48** (Vdc)
- Debe entregar: **110** (Vac)
- Debe aguantar una demanda máxima de: **3009** (W)

Escoja un inversor:

48V 3000VA 6000W Victron Energy

Aceptar

Inversor escogido: 48V 3000VA 6000W Victron Energy

Fabricante: Victron Energy

Precio: 987.87 (USD)

Voltaje de entrada: 48 (V)

Voltaje de salida: 120 (V)

Potencia máxima: 6000 (W)

Eficiencia: 94 (%)

Calibre del cable para salida AC: AWG6

Más información: <https://bit.ly/3QCoC0s>

Formulario Anterior **Siguiente Formulario**

Figura 2.9. Ventana para seleccionar un inversor.

Consecuentemente, la ventana de la Figura 2.10 está destinada al dimensionamiento del número de baterías con los datos de: días de autonomía, profundidad de descarga y la selección de una batería comercial. Al hacer clic en “Ejecutar cálculos” se muestra el número de baterías conectadas en serie, en paralelo y su cantidad total.

FASE 6: SELECCIÓN DE LAS BATERÍAS

Datos del sistema:

Voltaje del sistema: **48** (V)

Consumo diario sobredimensionado: **7030** (Wh)

Eficiencia del sistema: **94** (%)

Días de autonomía (Registre este dato): **1** (días)

Profundidad de descarga (Registre este dato): **50** (%)

Escoja una batería comercial

12V 150Ah Plus Energy

Aceptar

Ejecutar cálculos

Batería escogida: 12V 150Ah Plus Energy

Fabricante: Plus Energy

Precio: 194.17 (USD)

Capacidad de la batería: 150 (Ah)

Voltaje de la batería: 12 (V)

Más información: <https://bit.ly/3ObQ5nY>

Número de baterías conectadas en paralelo: 3

Número de baterías conectadas en serie: 4

Número total de baterías: 12

Formulario Anterior **Siguiente Formulario**

Figura 2.10. Ventana para dimensionar el número de baterías.

Las ventanas de la Figura 2.11 y la Figura 2.12 se usan para la selección de los cables y fusibles entre los equipos fotovoltaicos. Para ello, basta con escoger un catálogo de cables y fusibles que supere los valores de las corrientes de referencia.

FASE 7: DIMENSIONAMIENTO DE CABLES ENTRE EQUIPOS

Escoja un cable para las siguientes conexiones. Recuerde que la corriente del cable debe ser superior a la de referencia. Las corrientes de referencia son las corrientes del arreglo de paneles y del controlador de carga.

N	Conexiones entre equipos	Corriente de referencia (A)	Cable disponible	Precio (USD)	Más Información
1	Arreglo de paneles y controlador	20.52	AWG14 (25A) Electro cables Rollo 100mt	49.73	https://bit.ly/3TRlkN7
2	Controlador y baterías	45	AWG8 (55A) Electro cables Rollo 100mt	158.03	https://bit.ly/30dpLK2
3	Baterías e inversor	45	AWG8 (55A) Electro cables Rollo 100mt	158.03	https://bit.ly/30dpLK2

El cable escogido para la conexión entre paneles y controlador es: AWG14 (25A) Electro cables Rollo 100mt
 El cable escogido para la conexión entre controlador y baterías es: AWG8 (55A) Electro cables Rollo 100mt
 El cable escogido para la conexión entre baterías e inversor es: AWG8 (55A) Electro cables Rollo 100mt

Figura 2.11. Ventana para el dimensionamiento de cables entre equipos.

FASE 8: DIMENSIONAMIENTO DE FUSIBLES

Las corrientes de los fusibles se sobredimensionarán en un factor de 0,2 o 0,25 veces las corrientes de referencia con excepción de la corriente entre paneles y controlador.

N	Conexiones entre equipos	Corriente de referencia (A)	Corriente de referencia sobredimensionada (A)	Fusible disponible	Precio (USD)	Más Información
1	Paneles y controlador	20.52	N/A 20.52	32A 500V SASSIN	3.11	https://bit.ly/39HRJus
2	Controlador y baterías	45	0.25 56.25	63A 500V SASSIN	3.85	https://bit.ly/3N3WYq4
3	Baterías e inversor	45	0.25 56.25	63A 500V SASSIN	3.85	https://bit.ly/3N3WYq4

El fusible escogido para la conexión entre paneles y controlador es: 32A 500V SASSIN
 El fusible escogido para la conexión entre controlador y baterías es: 63A 500V SASSIN
 El fusible escogido para la conexión entre baterías e inversor es: 63A 500V SASSIN

Figura 2.12. Ventana para el dimensionamiento de fusibles entre equipos.

2.4 Simulación PVsyst

El paso previo al dimensionamiento del sistema *Off Grid* en PVsyst consiste en establecer la ubicación geográfica del lugar de residencia. Para ello, se completan datos como: latitud,

longitud, altitud y huso horario tal y como se indica en la Figura 2.13. Al completar esta información, PVsyst carga una base de datos de los niveles de irradiación de la zona, los cuales están relacionados con las HSP necesarias para el sistema. La base de datos obtenida para este proyecto se muestra en la Figura 2.14.

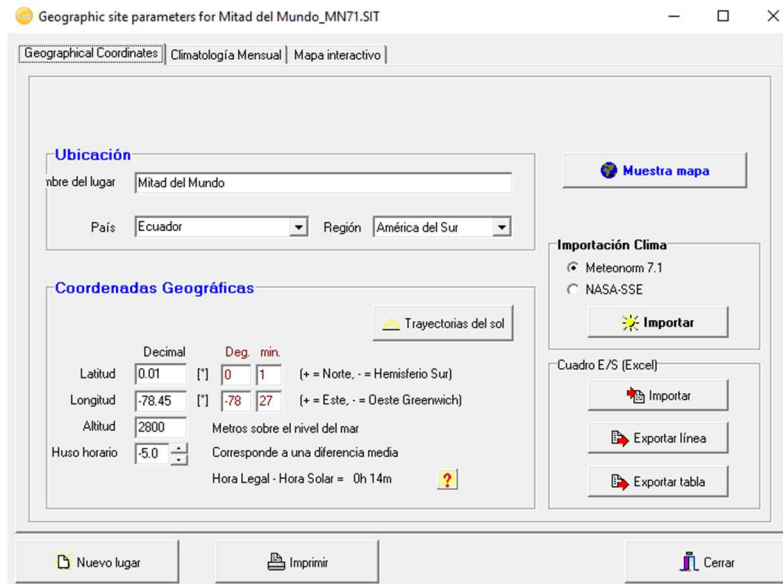


Figura 2.13. Datos referentes a la ubicación y las coordenadas geográficas en PVsyst.

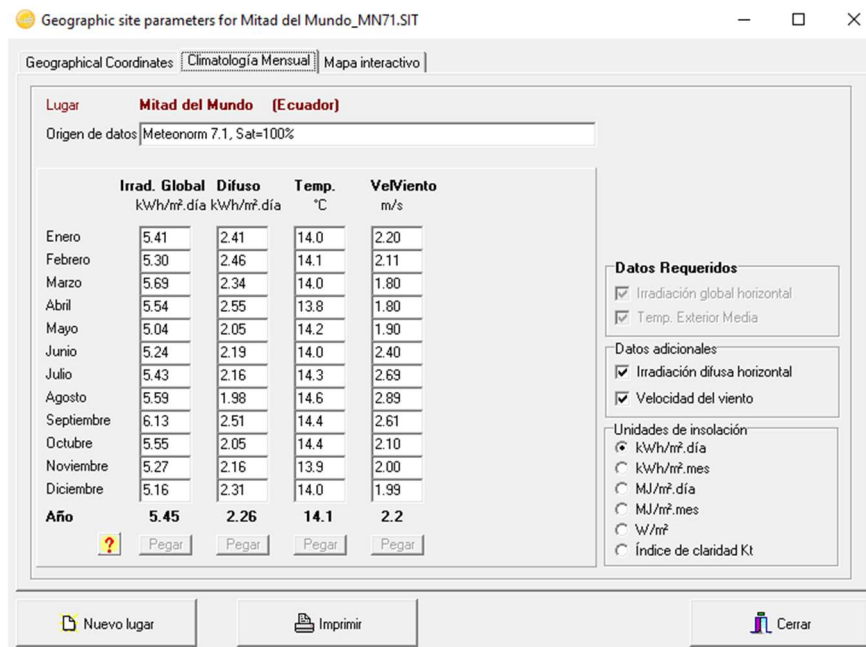


Figura 2.14. Información de la irradiación en las coordenadas 0.01° y -78.45° .

A continuación, se accede a la ventana de dimensionamiento de la Figura 2.15 para completar los campos de: “Orientación”, “Necesidades usuario” y “Sistema”.

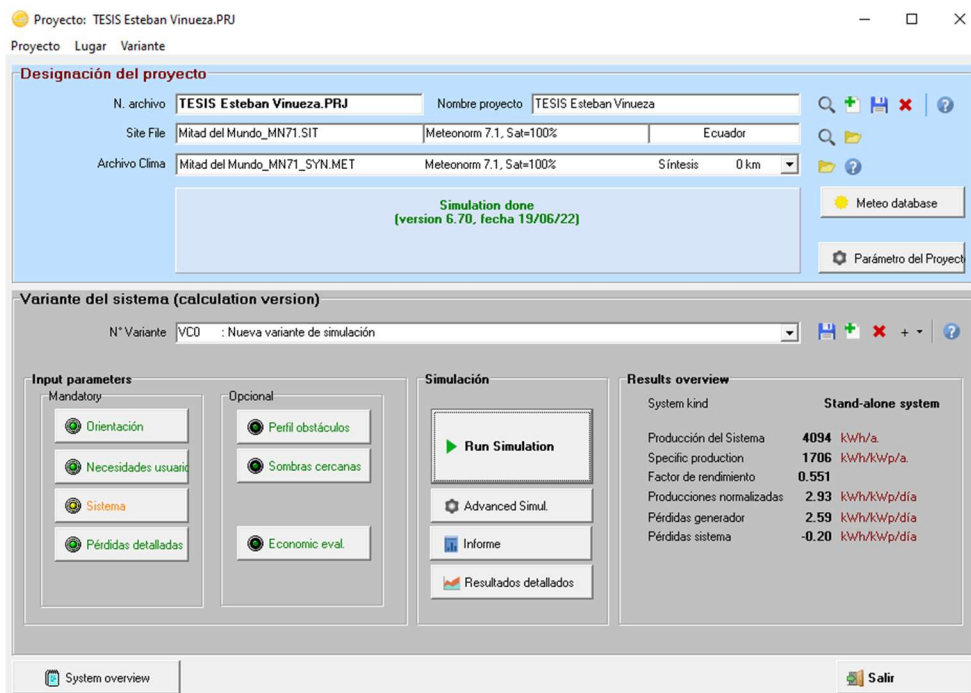


Figura 2.15. Ventana de PVsyst para el dimensionamiento del sistema *Off Grid*.

Al seleccionar la opción “Orientación”, se despliega la ventana de la Figura 2.16 y se modifican los parámetros: “tipo de campo” a plano inclinado fijo, “inclinación plano” a 15° por estar ubicado en Ecuador y, “optimización con respecto a” productividad irradiación anual.

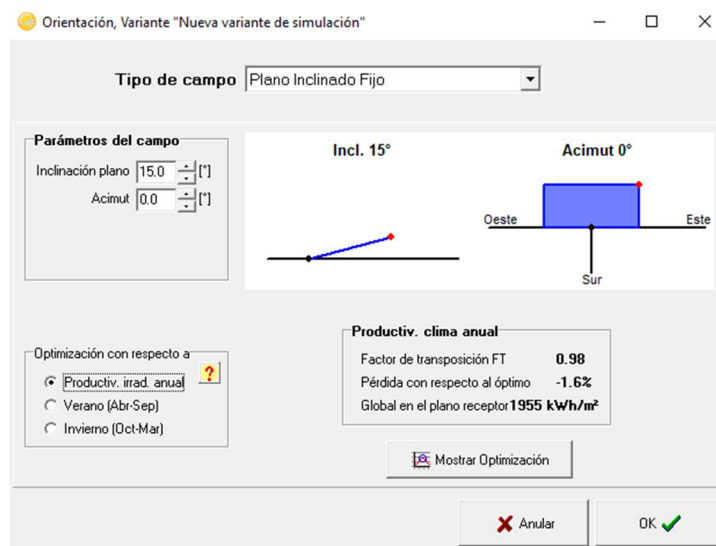


Figura 2.16. Ventana de orientación en PVsyst.

Por otro lado, en la opción “Necesidades usuario” se completa la información de las cargas eléctricas tal y como se indica en la Figura 2.17 y la Figura 2.18.

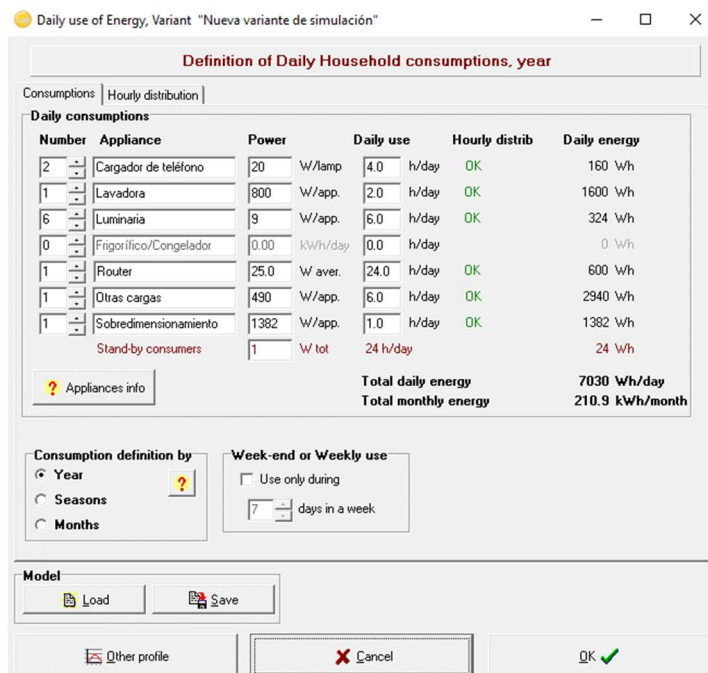


Figura 2.17. Ventana para el estudio de cargas en PVsyst.

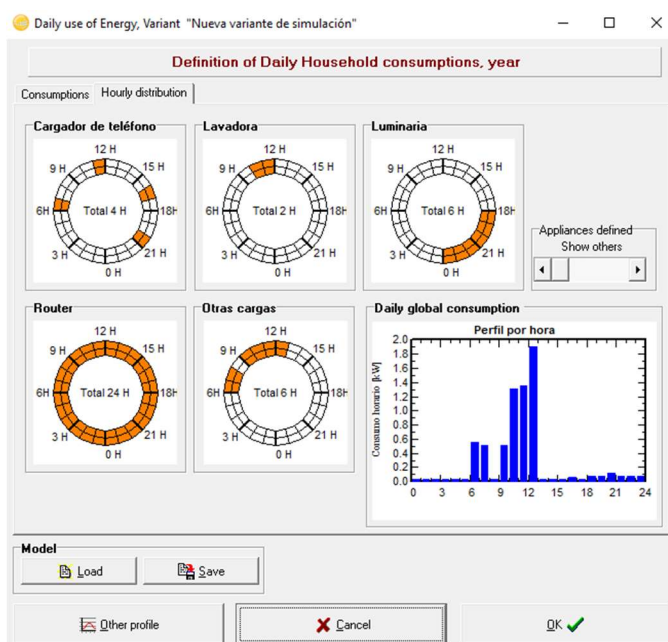


Figura 2.18. Distribución del tiempo de uso de las cargas en PVsyst.

Finalmente, en la opción “Sistema” se dimensionan las baterías (Ver Figura 2.19) al configurar parámetros como el LOL o profundidad de descarga, días de autonomía, voltaje de la batería, modelo comercial de la batería (Ver Figura 2.20), número de baterías conectadas en serie y paralelo.

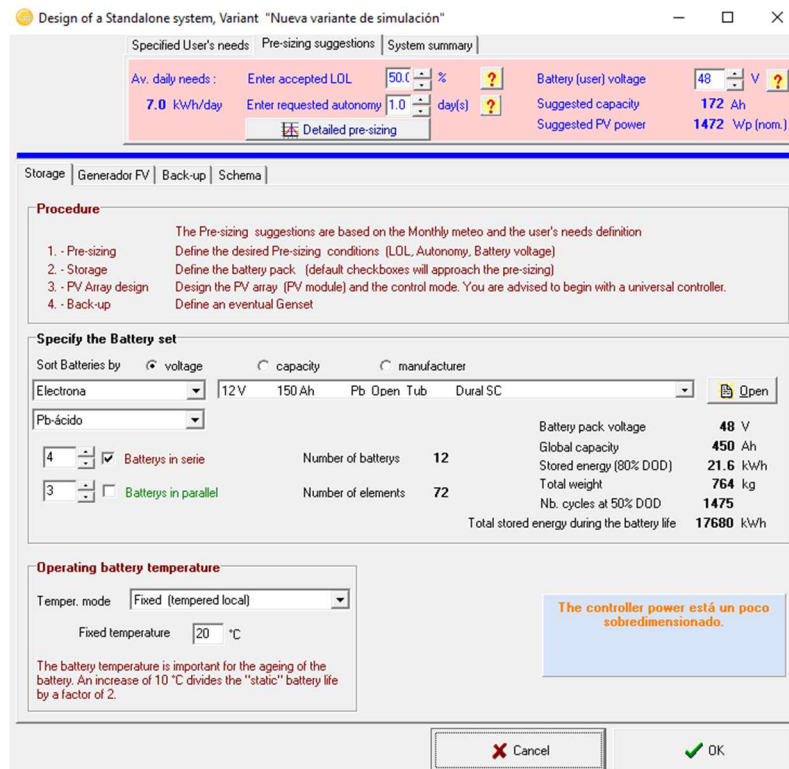


Figura 2.19. Dimensionamiento del número de baterías en PVsyst.

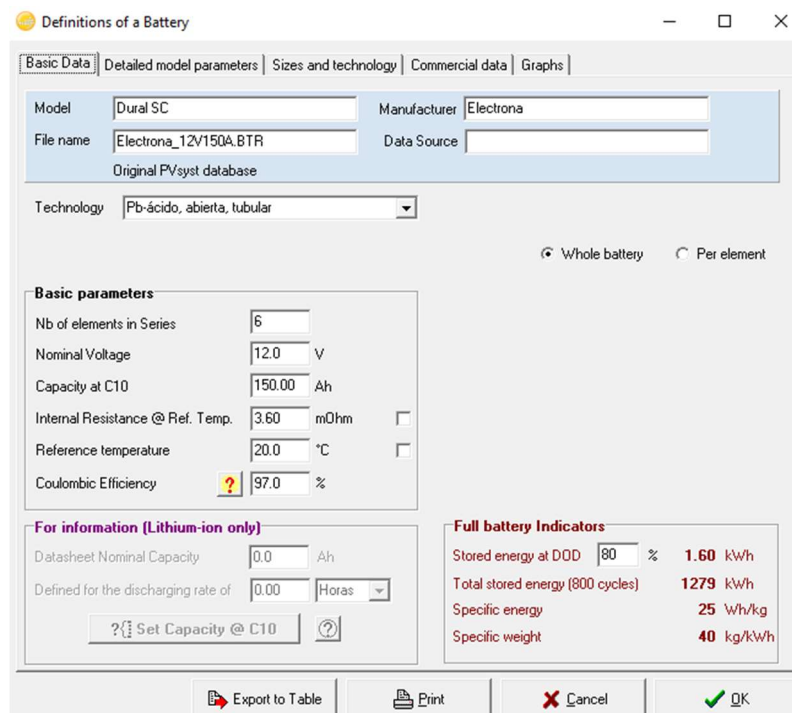


Figura 2.20. Batería de 12 (V) y 150 (Ah) del fabricante Electrona.

Además, se definen el número de paneles y el controlador de carga (Ver Figura 2.21, Figura 2.22 y Figura 2.23) al seleccionar modelos comerciales de estos equipos.

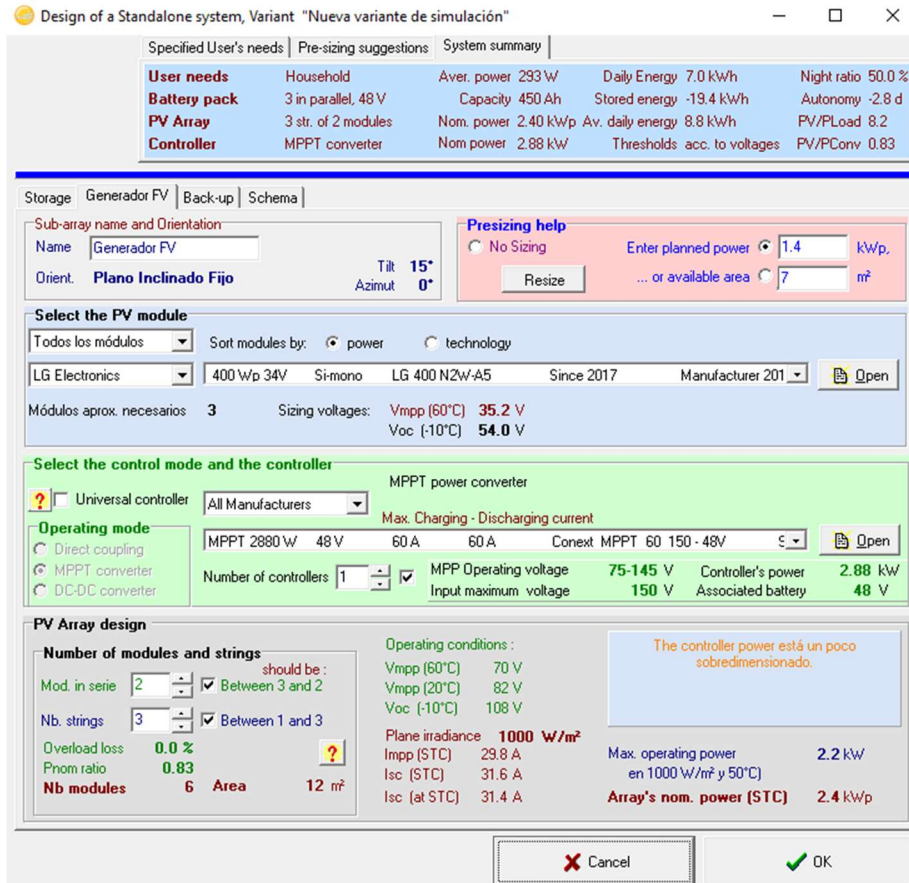


Figura 2.21. Dimensionamiento del número de paneles y controlador de carga en PVsyst.

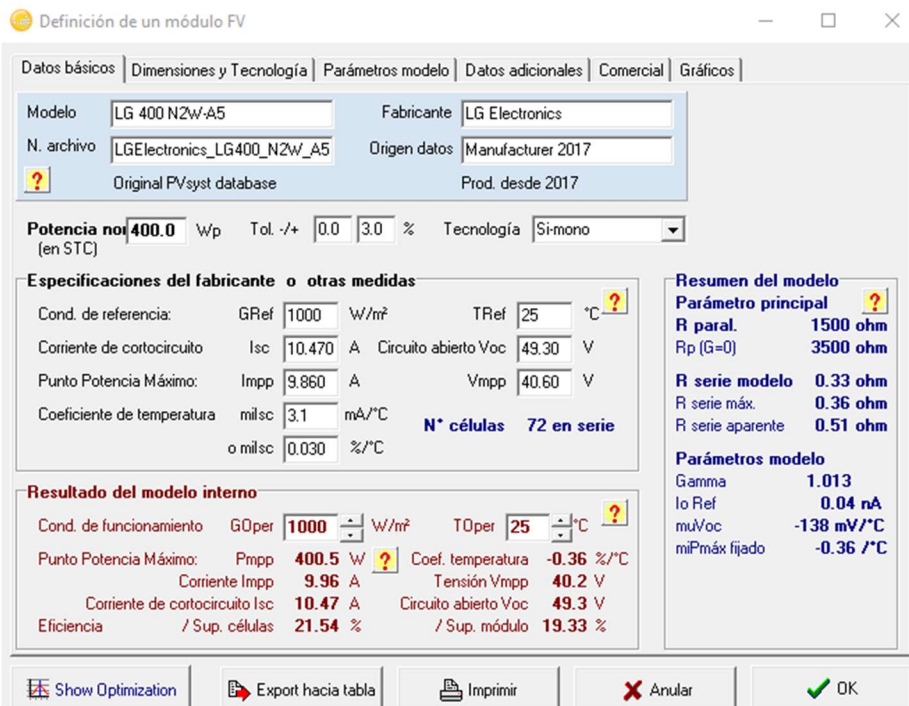


Figura 2.22. Panel de 400 (W) del fabricante LG Electronics.

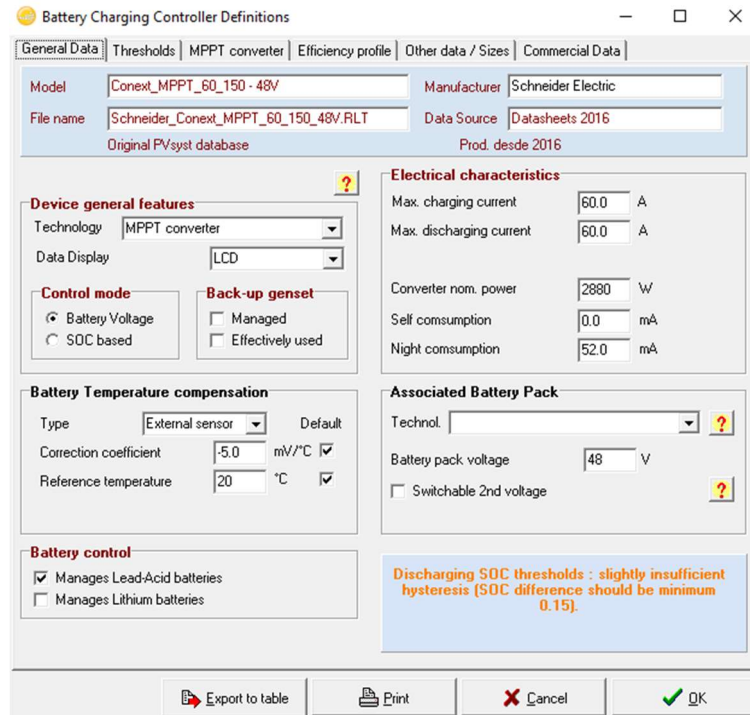


Figura 2.23. Controlador de carga de 2880 (W) del fabricante Schneider Electric.

2.5 Manual de uso

Con el propósito de que la herramienta de dimensionamiento sea utilizada de forma correcta, se han elaborado dos videos a modo de manuales de uso. En el primer video se muestra cómo descargar y procesar correctamente los datos de las plataformas PVGIS y SOLAR NASA mientras que en el segundo video se indica cómo usar la herramienta de dimensionamiento. A continuación, en la Figura 2.24 y la Figura 2.25 se muestran los códigos QR para acceder a dichos videos.



Figura 2.24. Código QR para descargar y procesar los datos de PVGIS y SOLAR NASA.

Enlace: <https://youtu.be/S3rE8rKcY6g>



Figura 2.25. Código QR para usar la herramienta de dimensionamiento.

Enlace: <https://youtu.be/uEOoO8iu18Q>

3 RESULTADOS

En el Anexo V se muestra un informe de los resultados obtenidos con la herramienta de dimensionamiento mientras que en el Anexo VI se muestran los resultados de la simulación en PVsyst.

3.1 Pruebas y análisis de resultados

En la Tabla 3.1 se muestran los parámetros eléctricos de los paneles seleccionados para la herramienta de dimensionamiento y la simulación en PVsyst: en ambos equipos se cumple que la potencia nominal entregada es igual a 400 (W) y sus voltajes y corrientes se aproximan entre sí.

Tabla 3.1. Comparación entre el panel SARONIC y el panel LG Electronics.

	Panel SARONIC (herramienta de dimensionamiento)	Panel LG Electronics (simulación en PVsyst)
Potencia nominal (W)	400	400
Voltaje de circuito abierto (V)	49.5	49.3
Corriente de cortocircuito (A)	10.26	10.47
Voltaje de máxima potencia (V)	41.17	40.6
Corriente de máxima potencia (A)	9.72	9.86

Además, en la Tabla 3.2 se indica la potencia entregada por cada arreglo de paneles: con el arreglo de paneles SARONIC se generan 2031.48 (W), los cuales están por encima de la potencia base de 1505.35 (W) determinada analíticamente en la sección de “Dimensionamiento”. En cambio, con el conjunto de paneles LG Electronics se producen 2400 (W) que igualmente superan el valor de 1505.35 (W).

Bajo este análisis se aprecia que ambos arreglos de paneles abastecen las necesidades del sistema.

Tabla 3.2. Comparación entre la potencia generada por el arreglo de paneles SARONIC y el arreglo de paneles LG Electronics.

	Potencia entregada (W)	Tipo de Conexión	Número de paneles en serie	Número de paneles en paralelo	Número total de paneles
Arreglo de paneles SARONIC (herramienta de dimensionamiento)	2031.48	Mixta	2	2	4
Arreglo de paneles LG Electronics (simulación en PVsyst)	2400	Mixta	2	3	6

Por otro lado, la Tabla 3.3 indica las características de los controladores escogidos en la herramienta de dimensionamiento y la simulación en PVsyst. Cabe recordar que el voltaje pico, la corriente de carga y la potencia de estos equipos deben ser superiores a los 99 (V), 20.2 (A) y 2031.48 (W) dimensionados en el arreglo de paneles.

Tabla 3.3. Datos técnicos del controlador Victron Energy y el controlador Schneider Electric.

	Controlador Victron Energy (herramienta de dimensionamiento)	Controlador Schneider Electric (simulación en PVsyst)
Voltaje pico (V)	150	150
Corriente de carga nominal (A)	45	60
Potencia nominal (W)	2600	2880

Como se evidencia en la Tabla 3.3, los valores pico de voltaje de ambos controladores son iguales entre sí y toleran los 99 (V) entregados por los paneles. Además, algo similar ocurre con las corrientes de estos equipos, las cuales mantienen valores muy cercanos entre sí. Adicionalmente, se aprecia que la potencia nominal de estos equipos son los parámetros más variables entre sí; sin embargo, esto no representa un inconveniente para soportar los 2031.48 (W) del grupo de paneles.

Además, las características eléctricas de las baterías seleccionadas en la herramienta de dimensionamiento y en la simulación de PVsyst son iguales, la única diferencia entre ambos modelos comerciales es su fabricante tal y como se indica en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Datos técnicos de la batería Plus Energy y la batería Electrona.

	Batería Plus Energy	Batería Electrona
Voltaje nominal (V)	12	12
Capacidad de la batería (Ah)	150	150

Por último, en la Tabla 3.5 se muestran los resultados arrojados por PVsyst.

Tabla 3.5. Resultados de la simulación en PVsyst.

Mes	Energía Solar Disponible (kWh)	Pérdida de energía (kWh)	Energía faltante (kWh)	Energía suministrada al usuario (kWh)	Necesidad de energía del usuario (kWh)	Fracción solar (kWh)
Enero	358.4	0.020	72.08	145.8	217.9	0.669
Febrero	305.4	0.000	65.63	131.2	196.8	0.667
Marzo	348.7	0.019	64.01	153.9	217.9	0.706
Abril	314.6	0.000	65.10	145.8	210.9	0.691
Mayo	274.7	0.000	75.00	142.9	217.9	0.656
Junio	275.6	0.000	72.83	138.1	210.9	0.655
Julio	298.3	0.038	72.55	145.4	217.9	0.667
Agosto	314.6	0.019	62.62	155.3	217.9	0.713
Septiembre	353.5	0.000	53.81	157.1	210.9	0.745
Octubre	338.2	0.019	59.94	158.0	217.9	0.725
Noviembre	329.6	0.000	58.05	152.8	210.9	0.725
Diciembre	344.8	0.000	59.92	158.0	217.9	0.725
Año	3856.4	0.116	781.55	1784.4	2565.9	0.695

4 CONCLUSIONES

- Los sistemas fotovoltaicos aislados son altamente rentables cuando las cargas eléctricas de un hogar consumen valores bajos de potencia. Tal fue el caso de la vivienda unifamiliar de este proyecto, en la cual se cubrió la demanda de siete electrodomésticos con potencias individuales menores a los 400 (W).
- Un inconveniente de las instalaciones fotovoltaicas *Off Grid*, al igual que cualquier otro sistema eléctrico, es que se torna más costoso a medida que aumenta el número de cargas eléctricas. Otra razón para que estos sistemas sean más caros es que una pequeña cantidad de electrodomésticos consuman 2000, 3000, 4000 vatios en adelante.
- Un factor que condiciona seriamente al dimensionamiento de un sistema fotovoltaico es la disponibilidad de equipos comerciales que cubran las necesidades del usuario. Todo el dimensionamiento analítico se torna inservible si un solo componente del sistema no existe en el mercado.
- La importancia principal del uso de la herramienta de dimensionamiento es que automatiza una enorme cantidad de cálculos matemáticos. De esta forma, los usuarios evitan los cálculos analíticos y destinan su tiempo a la selección de los equipos más adecuados para su sistema.
- Una segunda ventaja de la herramienta de dimensionamiento es que esta se ejecuta en formato de aplicación, lo cual representa un avance respecto al uso tradicional de Excel. Además, la interacción entre el usuario y la herramienta se torna más dinámica y amena.
- Un tercer aporte de la herramienta de dimensionamiento es que cuenta con varios inventarios de paneles, controladores, inversores, baterías, cables y fusibles comerciales, los cuales pueden ser seleccionados por el usuario. De esta forma, se dota al usuario de una gran variedad de equipos para el dimensionamiento de su sistema.
- Una cuarta ventaja de la herramienta de dimensionamiento es que presenta un informe técnico que incluye los costos del sistema *Off Grid*. Esto ayudará a que el usuario tenga una retroalimentación económica para financiar su sistema.

- Cualquier herramienta de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos debe referenciarse en criterios técnicos para asegurar su uso en campo. En este proyecto, el método del CIEMAT garantizó la fiabilidad del uso de dicha herramienta.
- El software PVsyst toma en cuenta criterios como: la ubicación geográfica de una vivienda, las cargas eléctricas del hogar, la disponibilidad de equipos fotovoltaicos, entre otros... para el dimensionamiento de un sistema *Off Grid* y por tal razón, fue una excelente opción para validar el uso de la herramienta de dimensionamiento creada con VBA.
- Una de las limitaciones del software PVsyst es que maneja catálogos de baterías, controladores y paneles desactualizados. Por tal razón, es difícil garantizar que los equipos anexados en la base de datos del programa estén disponibles en el mercado en la actualidad o en el futuro.
- En términos generales, el manual de uso desarrollado ayuda a que las personas utilicen correctamente la herramienta. A través de los manuales de uso en formato de video se garantizó que el usuario realice la descarga y procese información desde las plataformas PVGIS y SOLAR NASA y que use apropiadamente la herramienta de dimensionamiento.

5 RECOMENDACIONES

- Al crear listas con números decimales en VBA se sugiere usar puntos en lugar de comas para separar los dígitos enteros de los decimales puesto que al transferir un archivo VBA de un ordenador a otro pueden presentarse fallos en la ejecución del programa.
- Con el fin de que cualquier herramienta creada con VBA adquiera un aspecto profesional, se debe programar de tal modo que al ejecutarse, se oculte la ventana de Excel y solo se muestre a la herramienta como si de una aplicación se tratase.
- Toda herramienta de dimensionamiento debe contar con alertas, avisos o indicaciones que le informen al usuario cada vez que dimensione incorrectamente algún equipo o proceso. Además, se recomienda crear bloqueos secuenciales entre las distintas fases de la herramienta, es decir, solo será posible el acceso a la siguiente fase de dimensionamiento si se completa toda la información en la fase actual.
- Los sistemas aislados son recomendados para lugares donde la red eléctrica no está disponible. Bajo esta premisa, se les advierte a los usuarios que la implementación de un sistema *Off Grid* dentro de la ciudad no es una opción rentable por la disponibilidad de espacio para los equipos fotovoltaicos. Para aquellas personas que habitan en la ciudad, se recomienda el traslado a un sistema *On Grid*.
- En la herramienta de dimensionamiento de este proyecto se anexaron equipos de distintos fabricantes con el propósito de ahorrar el tiempo de búsqueda de catálogos comerciales. Sin embargo, se motiva a que cada usuario cuente con su propia base de datos de equipos fotovoltaicos.
- Las aplicaciones creadas con VBA deben limitar su paleta de colores, es decir, deben limitar el uso de una gran variedad de colores en una misma ventana de trabajo para evitar contaminación visual. Por ello, se recomienda que el fondo principal de dicha ventana sea gris y que los botones, listas y demás elementos varíen la tonalidad con relación a dicho color gris.
- Ya sea que se use VBA o cualquier software de programación, se recomienda que las aplicaciones creadas siempre cuenten con un manual de uso en formato de

video. Esto se debe a que en este formato se capta con mayor facilidad la atención de las personas. Además, también se recomienda que en los videos no se omita ni un solo detalle sobre el uso de la aplicación.

- VBA de Excel es una alternativa adecuada para crear herramientas de dimensionamiento de energías renovables; sin embargo, no es el mejor medio para alcanzar este propósito. En lugar de ello, se recomienda usar software más avanzado como “NetBeans” [15] o “Visual Studio” [16] para mejorar las características y prestaciones de las herramientas diseñadas.
- A menos que el número definitivo de paneles fotovoltaicos sea igual a uno, dos o incluso tres módulos, se recomienda usar conexiones mixtas entre estos equipos. Al trabajar con conexiones mixtas se reducen los costos de estos equipos y se optimiza el espacio para su implementación.
- Si algún usuario desea familiarizarse con el uso de VBA en Excel, se sugiere que consulte información en el canal de Youtube “Sergio Alejandro Campos – EXCELeINFO” [17] o en el canal “A-EXCEL” [18].
- Una característica por mejorar en la herramienta de dimensionamiento es que admita cargas eléctricas trifásicas y dimensione los equipos fotovoltaicos del sistema, sobre todo el inversor, teniendo en consideración el voltaje de alimentación de dichas cargas.

6 REFERENCIAS

- [1] Celsia, «Celsia lanza línea de solución de energía solar para hogares,» 3 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.celsia.com/es/noticias/celsia-lanza-linea-de-solucion-de-energia-solar-para-hogares/>. [Último acceso: 6 Junio 2022].
- [2] Riovalle Ltda, «Sistemas fotovoltaicos on grid y off grid de Riovalle Ltda,» [En línea]. Available: <https://www.riovalle.cl/sistemas-fotovoltaicos-autonomos/>. [Último acceso: 23 Mayo 2022].
- [3] Austro energy store, «Sistemas Off-Grid (Aislado de la red) - Austro S.A.,» [En línea]. Available: <https://www.austro.com.ar/sistemas-off-grid-aislado-la-red/>. [Último acceso: 23 Mayo 2022].
- [4] A. D. Cuenca Sánchez, «Fiabilidad de la generación eléctrica con energías renovables en la provincia de Loja-Ecuador,» Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 2015.
- [5] Google Maps, «Google Maps,» [En línea]. Available: <https://www.google.com/maps/@0.0005617,-78.4492205,16.11z>. [Último acceso: 8 Junio 2022].
- [6] PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM, «PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM,» 1 3 2022. [En línea]. Available: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/. [Último acceso: 6 Junio 2022].
- [7] NASA POWER, «Data Access Viewer - NASA POWER,» [En línea]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. [Último acceso: 6 Junio 2022].
- [8] Wcc Solar, «Panel Solar 400W Monocristalino Half Cell Perc 12V 24V 48V,» [En línea]. Available: <https://www.wccsolar.net/product-page/panel-solar-400w-monocristalino-12v-24v-48v>. [Último acceso: 17 Junio 2022].
- [9] Renova Energía, «Regulador de Voltaje Victron Energy SmartSolar MPPT 150/45 con conexión de tornillo o FV MC4,» [En línea]. Available: <https://www.renova-energia.com/productos/regulador-de-voltaje-victron-energy-smartsolar-mppt-150-45-con-conexion-de-tornillo-o-fv-mc4/>. [Último acceso: 17 Junio 2022].
- [10] Renova Energía, «Inversores/Cargadores VICTRON ENERGY QUATTRO 48/3000/35-50/50 120V,» [En línea]. Available: https://www.renova-energia.com/productos/aj_quattro48-3000-2/. [Último acceso: 17 Junio 2022].
- [11] AutoSolar, «Inversor Phoenix Smart 48V 3000VA Victron Energy,» [En línea]. Available: <https://autosolar.es/inversores-48v/inversor-phoenix-smart-48v-3000va-victron-energy>. [Último acceso: 17 Junio 2022].

- [12] Wcc Solar, «Batería solar GEL 150Ah / 12v PlusEnergy TPG150,» [En línea]. Available: <https://www.wccsolar.net/product-page/bateria-gel-plusenergy-tpg150-12v-100ah-150ah>. [Último acceso: 17 Junio 2022].
- [13] Kywi, «catálogo de productos - Comercial Kywi,» [En línea]. Available: <https://www.kywi.com.ec/Cat%C3%A1logos%20proveedores/Material%20el%C3%A9ctrico/Electrocables%20Cat%C3%A1logo.PDF>. [Último acceso: 19 Junio 2022].
- [14] Inselec, «FUSIBLE NH0 63A (Ref: V-0541) - Inselec,» [En línea]. Available: <https://inselec.com.ec/store/inicio/2155-fusible-nh0-63a-ref-v-0541-.html>. [Último acceso: 6 Junio 2022].
- [15] Apache Software Foundation, «Welcome to Apache NetBeans,» [En línea]. Available: <https://netbeans.apache.org/>. [Último acceso: 6 Julio 2022].
- [16] Microsoft, «Desarrollo de aplicaciones .NET - Visual Studio,» 16 Febrero 2022. [En línea]. Available: <https://visualstudio.microsoft.com/es/vs/features/net-development/>. [Último acceso: 6 Julio 2022].
- [17] S. A. Campos, «Sergio Alejandro Campos - EXCELeINFO,» [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/c/SergioAlejandroCampos/videos>. [Último acceso: 6 Junio 2022].
- [18] A-EXCEL, «A-EXCEL,» [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/channel/UCzb7H7XXC8Lg4OBzmUj8z1A/videos>. [Último acceso: 6 Junio 2022].

7 ANEXOS

Anexo I. Reporte de similitud generado por Turnitin

DMQ, 17 de agosto de 2022

Yo, Alan Daniel Cuenca Sánchez, como Director del Presente Trabajo de Titulación Curricular, certifico que el siguiente es el resultado de la evaluación de similitud realizado por la plataforma Turnitin:

Autor de la entrega: Esteban Fernando Vinueza Albán
Título del ejercicio: Tesis ESFOT
Título de la entrega: Tesis Vinueza
Nombre del archivo: Tesis_Vinueza.pdf
Tamaño del archivo: 3.89M
Total páginas: 40
Total de palabras: 7,861
Total de caracteres: 38,714
Fecha de entrega: 13-jul.-2022 01:04p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 1870141057

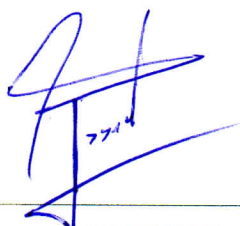
Tesis Vinueza

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	8%	1%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias Apagado



DIRECTOR

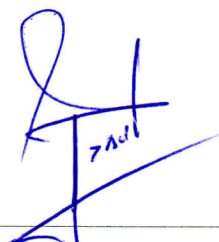
Ing. Alan Daniel Cuenca Sánchez., Msc.

Anexo II. Certificado de funcionamiento de trabajo de integración curricular

DMQ, 17 de agosto de 2022

Yo, Alan Daniel Cuenca Sánchez, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de integración curricular, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de la herramienta de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos aislados la cual fue diseñada por el estudiante Esteban Fernando Vinueza Albán.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la ESFOT puedan hacer uso de dicha herramienta.



A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Alan Daniel Cuenca Sánchez', written over a horizontal line. The signature is stylized and includes the letters 'A', 'D', 'C', 'S'.

DIRECTOR

Ing. Alan Daniel Cuenca Sánchez., Msc.

Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | Área 7 | Oficina 22

Correo: alan.cuenca@epn.edu.ec | **Ext:** 2736

Anexo III. Datos Técnicos

SR-M3/72H

Monocrystalline Module 390-410W



410W

Maximum Power Output

0~+5W

Power Output Guarantee

Cell Type



5BB



Ideal choice for large scale ground installation



Selected encapsulating material and stringent production process control ensure the product is highly PID resistant and snail trails free



Special cutting and soldering technology leads to low hotspot risk



Sand blowing test, salt mist test and ammonia test passed to endure harsh environments



Optimized system performance due to module level current sorting

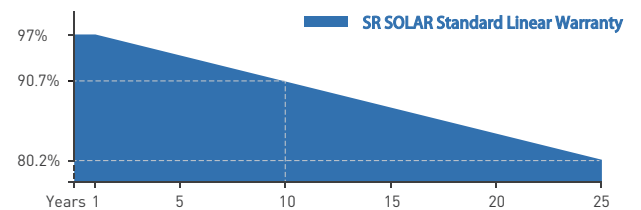


Highly transparent self-cleaning glass brings additional yield and easy maintenance

SR solar Delivers Reliable Performance Over Time

- Outstanding manufacturer of crystalline silicon photovoltaic modules
- Fully automatic facility and world-class technology
- Long term reliability tests
- 2*100% EL inspection ensuring defect-free modules

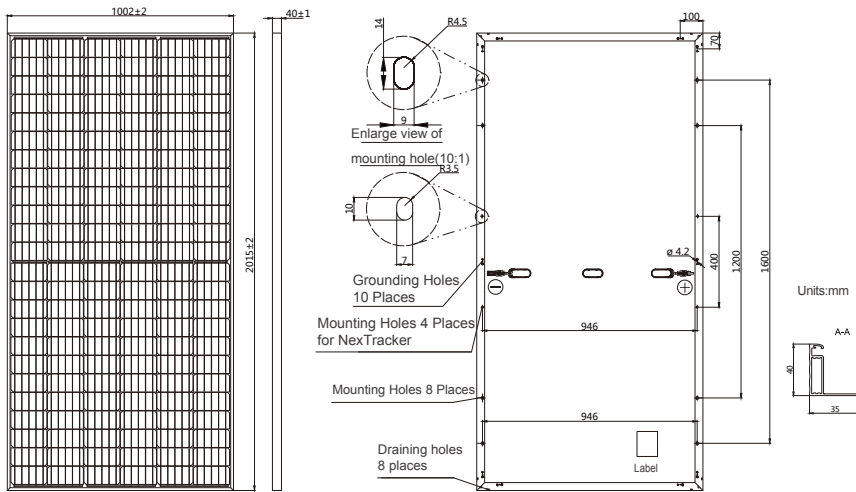
Linear Performance Warranty



10 Years Product Warranty 25 Years Linear Power Warranty

* Please refer to SR standard warranty for details

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	22.7kg±3%
Dimensions	2015±2mm×1002±2mm×40±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ²
No. of cells	144 (6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10-35
Cable Length (Including Connector)	Portrait:300mm(+)/400mm(-); Landscape:1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	27 Per Pallet

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	390	395	400	405	410
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	390	395	400	405	410
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	48.91	49.21	49.50	49.81	50.12
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	40.55	40.85	41.17	41.46	41.76
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.16	10.21	10.26	10.32	10.37
Maximum Power Current(Imp) [A]	9.62	9.67	9.72	9.77	9.82
Module Efficiency [%]	19.4	19.7	19.9	20.2	20.4
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc})	+0.051%/°C				
Temperature Coefficient of Voc(β_{Voc})	-0.289%/°C				
Temperature Coefficient of Pmax(γ_{Pmp})	-0.350%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G				

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.
*For NexTracker installations static loading performance: front load measures 2400Pa, while back load measures 2400Pa.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

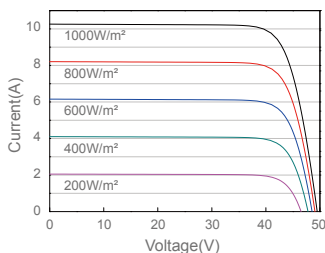
TYPE	289	292	296	300	303
Rated Max Power(Pmax) [W]	289	292	296	300	303
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	45.04	45.30	45.56	45.81	46.06
Max Power Voltage(Vmp) [V]	37.29	37.52	37.76	38.03	38.28
Short Circuit Current(Isc) [A]	8.18	8.23	8.28	8.33	8.38
Max Power Current(Imp) [A]	7.74	7.79	7.84	7.88	7.93
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G				

OPERATING CONDITIONS

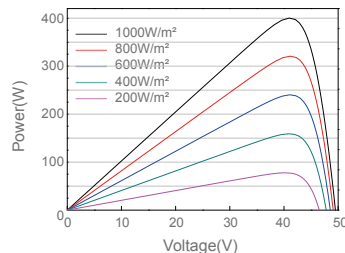
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC(IEC)
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load,Front*	5400Pa
Maximum Static Load,Back*	2400Pa
NOCT	45±2°C
Application Class	Class A

CHARACTERISTICS

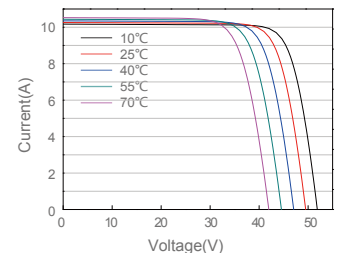
Current-Voltage Curve



Power-Voltage Curve



Current-Voltage Curve



Controladores de carga SmartSolar con conexión de tornillo o FV MC4

MPPT 150/45 hasta MPPT 150/100



Controlador de carga SmartSolar MPPT 150/100-Tr
Con pantalla conectable opcional.



Controlador de carga SmartSolar MPPT 150/100-MC4
Sin pantalla



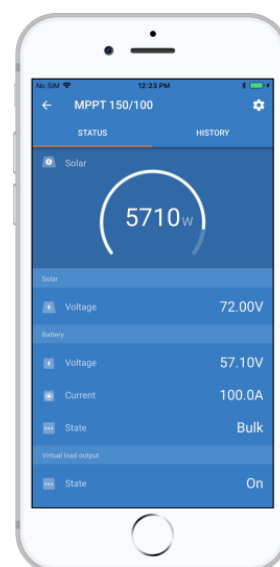
Detección de Bluetooth: Smart Battery Sense



Detección de Bluetooth: BMV-712 Smart Battery Monitor



Pantalla enchufable SmartSolar



Bluetooth Smart integrado

La solución inalámbrica para configurar, controlar, actualizar y sincronizar los controladores de carga SmartSolar.

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En caso de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible

Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de *software* de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

Sensor opcional de la tensión y de la temperatura externas de la batería vía Bluetooth

Se puede usar un sensor Smart Battery Sense o un monitor de baterías BMV-712 Smart para comunicar la tensión y la temperatura de la batería a uno o más controladores de carga SmartSolar.

Función de recuperación de baterías completamente descargadas

Empezará a cargar incluso si la batería está descargada hasta cero voltios.

Se reconectará a una batería de ion litio completamente descargada con función de desconexión interna.

VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, PC u otros dispositivos.

On/Off remoto

Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

Relé programable

Se puede programar (entre otros, con un teléfono inteligente) para activar una alarma u otros eventos.

Opcional: pantalla LCD conectable

Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.

Controlador de carga SmartSolar	150/45	150/60	150/70	150/85	150/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 36V 1a,b)	1950W	2580W	3000W	3600W	4350W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	50A (máx. 30A por conector MC4)			70A (máx. 30A por conector MC4)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "ecualización"	Valores predeterminados: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (regulable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobrettemperatura				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Altura máxima de trabajo	5.000 m (fpotencia nominal completa hasta los 2.000 m)				
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados				
Grado de contaminación	PD3				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth				
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)				
Relé programable	DPST	Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A	Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC		
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
CARCASA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 3)	35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4)			35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4)	
Bornes de la batería	35mm ² / AWG2				
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3 kg			4,5 kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm			Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103	
NORMAS					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				
<p>1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.</p> <p>1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.</p> <p>2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.</p> <p>3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)</p>					



Tu Tienda Online de Energía Solar

Distribución, Servicio Técnico e Instalación

Inicio / Inversor Solar Onda Pura 48v / Batería solar GEL 150Ah / 12v PlusEnergy TPG150



Batería solar GEL 150Ah / 12v PlusEnergy TPG150

SKU: 30001-2

185,00 €

Cantidad

[Añadir a la cesta](#)

[Realizar compra](#)

Ficha Técnica

Voltaje: 12V.

- Modelo: TPG12-150
- Medidas sin bornas: 329*172* h1:214 h2: 224+-10mm (Larga*Ancho*Alta)
- Tornillería métrica 8, llave nº 13
- Peso: 31 Kg.
- Marca: PlusEnergy.
- Tipo de batería: GEL.
- Sin mantenimiento.
- Más de 3000 ciclos según IEC 61427.
- Capacidad en C100: 150Ah y en C10: 100Ah.
- Garantía de 2 años
- Aplicaciones de Uso de la Batería: Telecomunicaciones, repetidores, instalaciones solares, baterías para uso en lugares cerrados.

Voltaje de carga Gel "Deep Cycle"

Absorción 14,1 - 14,4V
 Flotación 13,5 - 13,8V
 Almacenamiento 13,2 - 13,5V

Características de la Batería GEL PlusEnergy TPG150

La **Batería GEL PlusEnergy TPG150 no requiere de mantenimiento** pues se trata de una batería sellada monoblock por lo que puede instalarse en lugares de interior con poca ventilación. Se trata también de una batería que por estar fabricada con ABS cuenta con una gran resistencia a las condiciones externas más exigentes y es muy resistente al ácido sulfúrico que almacena en su interior. La **Batería GEL 12V PlusEnergy TPG150** cuenta con una alta calidad y durabilidad así como un excelente rendimiento y versatilidad de uso, se trata de una batería muy competitiva en el sector fotovoltaico y con unas características técnicas que resultan muy atractivas en comparación con otras baterías de reconocidos fabricantes. El tamaño compacto de la **Batería GEL 12V PlusEnergy TPG150 facilita su transporte y manipulación**. Aunque sea volcada no va a derramar ácido, pero es recomendable que no sea volcada ni durante su transporte ni durante su manipulación, ni por supuesto, durante su funcionamiento. Para **optimizar su vida útil de la Batería GEL 12V PlusEnergy TPG150 también se recomienda que sus descargas no sean superiores al 30%**, por lo que se trata de una batería que aunque sí acepta de forma puntual descargas profundas que se tome como hábito puede acortar significativamente su vida útil.

La **Batería GEL 12V PlusEnergy TPG150** es una batería de 12V de tensión, de tipo GEL y de ciclo profundo. Es de 12V, que es la medida de voltaje más común aunque internamente está formada por 6

de voltaje más común, aunque internamente está formada por celdas en serie que proporcionan 2V de tensión cada una. Es de tipo concretamente de tipo GEL porque la tecnología de de esta batería es la más avanzada dentro de las baterías de plomo monoblock. Su electrolito está combinado con polvo de sílice y tiene una consistencia similar al GEL. Éste no se mueve y está en contacto con las placas de plomo en lugar de estar líquido moviéndose a cada vibración que sufre la batería. Esto nos permite lo siguiente:

- No tener mantenimiento durante toda su vida útil, ya que la batería viene sellada.
- Una mayor durabilidad, ya que al ser de ciclo profundo esta tecnología nos permite superar los 3000 ciclos de vida con descargas leves inferiores al 30%.
- Más facilidad de transporte ya que la batería no derrama líquido aunque se tumbe.
- Mayor resistencia a vibraciones por lo que da muy buen resultado como batería de servicio en caravanas.
- Poderla instalar en lugar sin ventilación o entornos delicados como alimentación para aparatos de hospitales y similares.

Batería solar GEL 150Ah / 12v PlusEnergy TPG150

- + 15 años de vida aproximadamente
- Alto rendimiento en vida útil y flotación cíclica
- Tasas de descarga baja
- Baja resistencia interna
- Amplio rango de temperatura de funcionamiento -20 ° C a + 55 ° C
- Diseño compacto con alta densidad de energía
- ETSI integración en rack
- Una válvula unidireccional sistema regulado con parallasas
- Eficacia de recombinación de gas interna 98% - 99%
- Bajo costo de instalación, producto libre de mantenimiento
- Se entrega listo para su uso
- Choque ABS resistente contenedor ignífugo y la tapa
- Sellado para la operación libre de fugas, a prueba en línea automática
- terminales de latón Mujer M8 sin necesidad de volver a apretar
- La carga no es peligroso para el suelo, el mar y el transporte aéreo
- Producto totalmente reciclable

La batería solar GEL 150Ah / 12v PlusEnergy TPG150 debe ser cargada a través de un [regulador de carga o controlador de carga](#) que mantenga los niveles de carga óptimos, y alargue la vida útil de la batería .

Instalación Batería solar GEL 150Ah / 12v PlusEnergy TPG150

La instalación de este modelo de batería es muy sencilla, no obstante en Wccsolar le recomendamos que la **Batería solar GEL 150Ah / 12v PlusEnergy TPG150 sea instalada por un profesional fotovoltaico**, o bien se sigan estrictamente las instrucciones de instalación para evitar malas conexiones y averías por culpa de una instalación incorrecta.

Comprar Batería solar GEL 150Ah / 12v PlusEnergy TPG150

Comprar la Batería solar GEL 150Ah / 12v PlusEnergy TPG150 es rápido, seguro y cómodo gracias a Wccsolar, además el **Batería solar GEL 150Ah / 12v PlusEnergy TPG150** cuenta con garantía oficial de Wccsolar.

Campo de aplicación

- Sistema de seguridad
- Fuente de alimentación de reserva de UPS
- Nuevo almacenamiento de energía.

ATENCIÓN Y VENTA
LLAMADA GRATUITA

854556349

- Dispositivo medico
- Equipo electrico
- Sistema de comunicacion
- Sistema informatico
- Luz de emergencia
- Sistema solar
- Sistema de energía eólica

[Contáctenos](#) para recibir más información.

Atención al Cliente



Atención Telefónica:
854 556 349



Servicio Técnico:
954 089 500/ 610 813 819



Whatsapp:
665 107 379



Email:
servicio@wccsolar.es

Poligono El Pino
Calle Pino Estrobo 11-13
41016 Sevilla

Nuestras Redes Sociales

Únete a nuestras redes sociales y aprovecha las nuevas ofertas de WccSolar.

Secciones

Inicio
Kits Solares
Paneles Solares
Baterías Solares
Inversores Solares
Reguladores Solares
Bombas de Agua Solares
Estructuras Solares
Estabilizador AC
Accesorios
Grupos Electrogenos
Blog WccSolar
Contacto
OCASION



0 comentarios



Déjanos un mensaje



Suscríbete

Descubre las Nuevas Promociones y Ofertas en Energía Solar con tu Tienda de Suministros para Renovables WccSolar.net

Nombre completo *

Email *

Acepto los términos y condiciones



2012 © WccSolar - Todos los derechos reservados

Quattro Inverter/Charger 120V

3kVA - 10kVA

Lithium Ion battery compatible

www.victronenergy.com

Two AC inputs with integrated transfer switch

The Quattro can be connected to two independent AC sources, for example the public grid and a generator, or two generators. The Quattro will automatically connect to the active source.

Two AC Outputs

The main output has no-break functionality. The Quattro takes over the supply to the connected loads in the event of a grid failure or when shore/generator power is disconnected. This happens so fast (less than 20 milliseconds) that computers and other electronic equipment will continue to operate without disruption.

The second output is live only when AC is available on one of the inputs of the Quattro. Loads that should not discharge the battery, like a water heater for example, can be connected to this output.

Virtually unlimited power thanks to parallel operation

Up to 6 Quattro units can operate in parallel. Six units 48/10000/140, for example, will provide 48kW / 60kVA output power and 840 Amps charging capacity.

Three phase capability

Three units can be configured for three phase output. But that's not all: up to 6 sets of three units can be parallel connected to provide 144kW / 180kVA inverter power and more than 2500A charging capacity.

PowerControl – Dealing with limited generator, shore side or grid power

The Quattro is a very powerful battery charger. It will therefore draw a lot of current from the generator or shore side supply (16A per 5kVA Quattro at 230VAC). A current limit can be set on each AC input. The Quattro will then take account of other AC loads and use whatever is spare for charging, thus preventing the generator or mains supply from being overloaded.

PowerAssist – Boosting shore or generator power

This feature takes the principle of PowerControl to a further dimension allowing the Quattro to supplement the capacity of the alternative source. Where peak power is so often required only for a limited period, the Quattro will make sure that insufficient mains or generator power is immediately compensated for by power from the battery. When the load reduces, the spare power is used to recharge the battery.

Solar energy: AC power available even during a grid failure

The Quattro can be used in off grid as well as grid connected PV and other alternative energy systems. Loss of mains detection software is available.



Quattro
48/5000/70-100/100

System configuring

- In case of a stand-alone application, if settings have to be changed, this can be done in a matter of minutes with a DIP switch setting procedure.
- Parallel and three phase applications can be configured with VE.Bus Quick Configure and VE.Bus System Configurator software.
- Off grid, grid interactive and self-consumption applications, involving grid-tie inverters and/or MPPT Solar Chargers can be configured with Assistants (dedicated software for specific applications).

On-site Monitoring and control

Several options are available: Battery Monitor, Multi Control Panel, Ve.Net Blue Power panel, Color Control panel, smartphone or tablet (Bluetooth Smart), laptop or computer (USB or RS232).

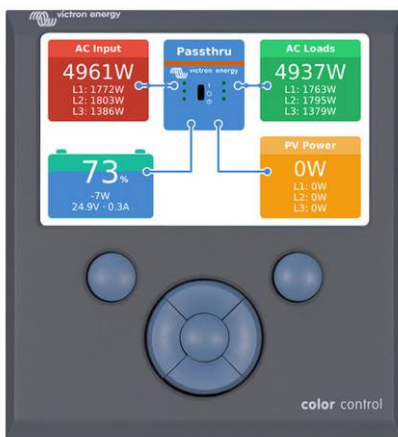
Remote Monitoring and control

Victron Ethernet Remote, Venus GX and the Color Control Panel.

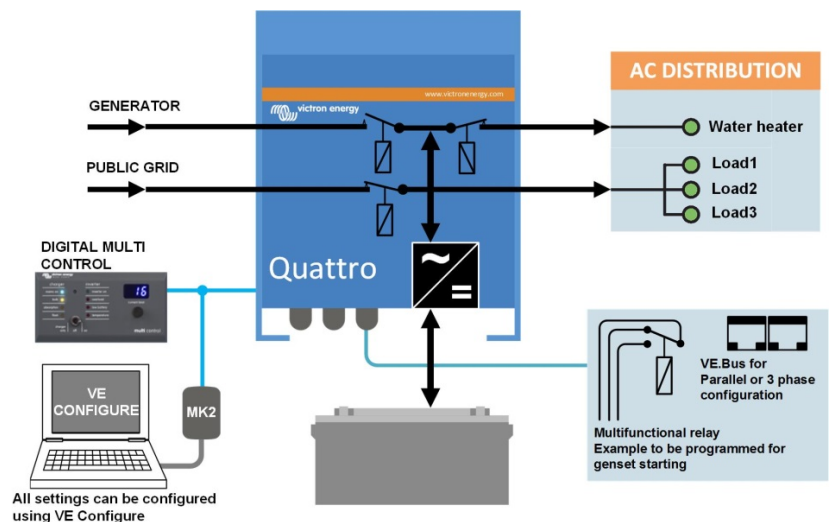
Data can be stored and displayed on our VRM (Victron Remote Management) website, free of charge.

Remote configuring

When connected to the Ethernet, systems with a Color Control panel can be accessed and settings can be changed.



Color Control panel, showing a PV application



Quattro	48/3000/35-50/50 120V	12/5000/220-100/100 120V 24/5000/120-100/100 120V 48/5000/70-100/100 120V	48/10000/140-100/100 120V
PowerControl / PowerAssist	Yes		
Integrated Transfer switch	Yes		
AC inputs (2x)	Input voltage range: 90-140 VAC Input frequency: 45 – 65 Hz Power factor: 1		
Maximum feed through current	2x 50 A	2x 100 A	2x 100 A
INVERTER			
Input voltage range	9,5 – 17 V 19 – 33V 38 – 66 V		
Output (1)	Output voltage: 120 VAC ± 2% Frequency: 60 Hz ± 0,1%		
Cont. output power at 25°C (3)	3000 VA	5000 VA	10000 VA
Cont. output power at 25°C	2400 W	4000 W	8000 W
Cont. output power at 40°C	2200 W	3700 W	6500 W
Cont. output power at 65°C	1700 W	3000 W	4500 W
Peak power	6000 W	10000 W	20000 W
Maximum efficiency	94 %	94 / 94 / 95 %	96 %
Zero load power	25 W	30 / 30 / 35 W	55 W
Zero load power in AES mode	20 W	20 / 25 / 30 W	35 W
Zero load power in Search mode	12 W	10 / 10 / 15 W	20 W
CHARGER			
Charge voltage 'absorption' (V DC)	57,6 V	14,4 / 28,8 / 57,6 V	57,6 V
Charge voltage 'float' (V DC)	55,2 V	13,8 / 27,6 / 55,2 V	55,2 V
Storage mode (V DC)	52,8 V	13,2 / 26,4 / 52,8 V	52,8 V
Charge current house battery (A) (4)	35 A	200 / 120 / 70 A	140 A
Charge current starter battery (A)	4 A (12V and 24V models only)		
Battery temperature sensor	Yes		
GENERAL			
Auxiliary output (5)	32 A	50 A	50 A
Programmable relay (6)	3x		
Protection (2)	a-g		
VE.Bus communication port	For parallel, split phase and three phase operation, remote monitoring and system integration		
General purpose com. port	2x		
Remote on-off	Yes		
Common Characteristics	Operating temp.: -40 to +65°C Humidity (non-condensing): max. 95%		
ENCLOSURE			
Common Characteristics	Material & Colour: aluminium (blue RAL 5012) Protection category: IP 21		
Battery-connection	Four M8 bolts (2 plus and 2 minus connections)		
230 V AC-connection	Screw terminals 13 mm ² (6 AWG)	Bolts M6	Bolts M6
Weight (kg)	42 lb 19 kg	75 / 66 / 66 lb 34 / 30 / 30 kg	128 lb 58 kg
Dimensions (hxxwxd)	14.3 x 10.2 x 8.6 inch	18,5 x 14,0 x 11,2 inch	470 x 350 x 280 mm
	362 x 258 x 218 mm	17,5 x 13,0 x 9,6 inch	444 x 328 x 240 mm
		17,5 x 13,0 x 9,6 inch	444 x 328 x 240 mm
STANDARDS			
Safety	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1		
Emission, Immunity	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3		
Road vehicles	12V and 24V models: ECE R10-5		
Anti-islanding	See our website		
1) Can be adjusted to 60 Hz; 120 V 60 Hz on request	3) Non-linear load, crest factor 3:1		
2) Protection key:	4) At 25°C ambient		
a) output short circuit	5) Switches off when no external AC source available		
b) overload	6) Programmable relay that can a.o. be set for general alarm, DC under voltage or genset start/stop function		
c) battery voltage too high	AC rating: 230 V / 4 A		
d) battery voltage too low	DC rating: 4 A up to 35 VDC, 1 A up to 60 VDC		
e) temperature too high			
f) 230 VAC on inverter output			
g) input voltage ripple too high			



Digital Multi Control Panel

A convenient and low cost solution for remote monitoring, with a rotary knob to set PowerControl and PowerAssist levels.



Blue Power Panel

Connects to a Multi or Quattro and all VE.Net devices, in particular the VE.Net Battery Controller. Graphical display of currents and voltages.

Computer controlled operation and monitoring

Several interfaces are available:



Color Control GX

Monitoring and control. Locally, and also remotely on the [VRM Portal](#).



MK3-USB VE.Bus to USB interface

Connects to a USB port ([see 'A guide to VEConfigure'](#))



VE.Bus to NMEA 2000 interface

Connects the device to a NMEA2000 marine electronics network. See the [NMEA2000 & MFD integration guide](#)



BMV-700 Battery Monitor

The BMV-700 Battery Monitor features an advanced microprocessor control system combined with high resolution measuring systems for battery voltage and charge/discharge current. Besides this, the software includes complex calculation algorithms, like Peukert's formula, to exactly determine the state of charge of the battery. The BMV-700 selectively displays battery voltage, current, consumed Ah or time to go.



Conductor de cobre para 0.6 kV aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90 °C, y chaqueta de poliamida (nylon), resistente a la humedad, calor elevado, aceite y gasolina.

CONSTRUCCIÓN

Los conductores tipo THHN o THWN-2 pueden ser sólidos o cableados y están contruídos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad y al calor elevado, sobre la cual se aplica una cubierta protectora de nylon o poliamida. Pueden ser suministrados en colores variados según su calibre y con distintas formas de embalaje.

APLICACIONES

Los conductores de cobre tipo THHN o THWN-2 son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales, son especialmente aptos para instalaciones especiales por ductos difíciles y para usarse en zonas abrasivas o contaminadas con aceites, grasas, gasolinas, etc. y otras sustancias químicas corrosivas como pinturas, solventes, etc., tal como se especifica en el National Electrical Code. Este tipo de conductor, cuando es utilizado como THHN puede ser usado en lugares secos con temperatura máxima de operación de 90 °C; pero si es utilizado como THWN-2 puede ser usado en lugares secos y húmedos con temperatura máxima de operación de 90 °C, así mismo cuando están expuestos a aceites, grasas, pinturas, solventes químicos, etc. En cuanto a su tensión de servicio, para todas las aplicaciones, es de 0.6 kV.

ESPECIFICACIONES

Los conductores de cobre tipo THHN o THWN-2 fabricados por ELECTROCABLES C.A., cumplen con las siguientes especificaciones y normas:

- › **ASTM B3:** Alambres de cobre recocido o suave.
- › **ASTM B8:** Conductores trenzados de cobre en capas concéntricas.
- › **ASTM B787:** Conductores trenzados de cobre de 19 hilos, formación unilay para ser aislados posteriormente.
- › **UL 83:** Alambres y cables aislados con material termoplástico.
- › **ANSI/NEMA WC-70**
ICEA S-95-658 : Cables de potencia nominal 2 kV o menos, para distribución de energía eléctrica.
- › **NTE INEN 2 345:** Conductores y alambres aislados con material termoplástico.

Además de todos los requerimientos del National Electrical Code.

Conductor de cobre para 0.6 kV aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90 °C, y chaqueta de poliamida (nylon), resistente a la humedad, calor elevado, aceite y gasolina.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Espesor de Chaqueta (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos					
FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO							
14	2,08	1	0,38	0,10	2,59	22,56	25
12	3,31	1	0,38	0,10	3,01	34,32	30
10	5,261	1	0,51	0,10	3,81	54,74	40
8	8,367	1	0,76	0,13	5,04	89,55	55
8	8,367	7	0,76	0,13	5,48	94,93	55
6	13,3	7	0,76	0,13	6,44	144,57	75
4	21,15	7	1,02	0,15	8,22	231,68	95
FORMACIÓN UNILAY							
14	2,08	19	0,38	0,1	2,76	23,58	25
12	3,31	19	0,38	0,1	3,26	35,93	30
10	5,261	19	0,51	0,1	4,11	55,95	40
8	8,367	19	0,76	0,13	5,40	93,62	55
6	13,3	19	0,76	0,13	6,34	142,58	75
4	21,15	19	1,02	0,15	8,09	228,51	95
2	33,62	19	1,02	0,15	9,59	350,90	130
1	42,4	19	1,27	0,18	11,04	437,08	150
1/0	53,49	19	1,27	0,18	12,05	560,77	170
2/0	67,44	19	1,27	0,18	13,17	697,21	195
3/0	85,02	19	1,27	0,18	14,43	868,29	225
4/0	107,2	19	1,27	0,18	15,85	1083,04	260
FORMACIÓN CABLEADO CONCÉNTRICO							
250	126,7	37	1,52	0,2	18,06	1289,56	290
300	152	37	1,52	0,2	19,44	1533,75	320
350	177	37	1,52	0,2	20,74	1774,71	350
400	203	37	1,52	0,2	21,93	2023,85	380
500	253	37	1,52	0,2	24,10	2502,47	430
600	304	61	1,78	0,23	26,70	3015,86	475
750	380	61	1,78	0,23	29,37	3740,80	535
1000	507	61	1,78	0,23	33,28	4947,40	615

*Capacidad máxima de corriente, para no más de 3 conductores en tensión en ducto, cable o tierra (directamente enterrados), para temperatura ambiente de 30 °C. Ref NEC (Tabla 310.16)

Low Voltage Fuses

Series RT16

Applications and functions

- Connecting and disconnecting circuits under load
- Protection against overloads and short circuits Used for installation systems in non-residential, commercial and industrial buildings as well as in systems of power supply companies.

1

Instruction of type code

10 Rt16 G 00C

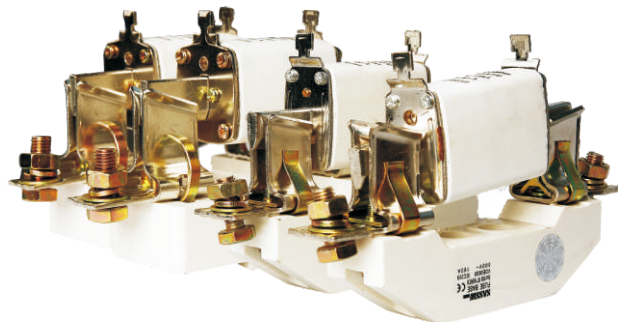
Blade size
00C, 00, 0, 1, 2, 3, 4

Protection type
G: Circuit protection

Series code

Rated current


- 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 (Size 00C)
- 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 (Size 00)
- 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 (Size 0)
- 63, 80, 100, 125, 160, 200, 225, 250 (Size 1)
- 125, 160, 200, 225, 250, 300, 315, 355, 400 (Size 2)
- 160, 200, 225, 250, 300, 315, 355, 400, 500, 630 (Size 3)
- 800, 1000 (Size 4)










Technical specifications

Size	00C	00	0	1	2	3	4
Standard	IEC60269						
Frame current Inm (A)	160	160	160	250	400	630	1000
Rated current I _n (A)	10, 16, 20, 25 32, 40, 50, 63 80, 100	10, 16, 20, 25 32, 40, 50, 63 80, 100, 125	10, 16, 20, 25 32, 40, 50, 63 80, 100, 125, 160	63, 80, 100 125, 160, 200 225, 250	125, 160, 200 225, 250, 300 315, 355, 630	160, 200, 225, 250, 300, 315, 355, 400, 500, 630	800, 100
Rated voltage U _n (V AC)	500/660						
Rated frequency (Hz)	50/60						
Rated breaking capacity (KA)	120	120	120	120	120	120	120
Ambient temperature	-5 to +40°C, max. 95% humidity						
Storage temperature	-40 to +75°C						

Selection and ordering data

LV HRC fuse bases	Size	Matched fuse	Maximum rated voltage (V)	Rated current I _n (A)	Type code	Order code
	RT16G00/00C	Blade Size 00/00C	500	60	RT16-00-B	24679
	RT16G0	Blade Size 0	500	160	RT16-0-B	24680
	RT16G1	Blade Size 1	500	250	RT16-1-B	24681
	RT16G2	Blade Size 2	500	400	RT16-2-B	24682
	RT16G3	Blade Size 3	500	630	RT16-3-B	24683
	RT16G4	Blade Size 4	500	1000	RT16-4-B	24684

Selection and ordering data

LV HRC fuse core	Fuse type	Matched fuse base	Maximum rated voltage (V)	Rated current	
				In (A)	Type code Order code
	Blade Size 00C	RT16-00-B	500/660	10	10RT16G00C 24611
				16	16RT16G00C 24612
				20	20RT16G00C 24613
				25	25RT16G00C 24614
				32	32RT16G00C 24615
				40	40RT16G00C 24616
				50	50RT16G00C 24617
				63	63RT16G00C 24618
				80	80RT16G00C 24619
				100	100RT16G00C 24620
	Blade Size 00	RT16-00-B	500/660	10	10RT16G00 24623
				16	16RT16G00 24624
				20	20RT16G00 24625
				25	25RT16G00 24626
				32	32RT16G00 24627
				40	40RT16G00 24628
				50	50RT16G00 24629
				63	63RT16G00 24630
				80	80RT16G00 24631
				100	100RT16G00 24632
	Blade Size 0	RT16-0-B	500/660	10	10RT16G0 24635
				16	16RT16G0 24636
				20	20RT16G0 24637
				25	25RT16G0 24638
				32	32RT16G0 24639
				40	40RT16G0 24640
				50	50RT16G0 24641
				63	63RT16G0 24642
				80	80RT16G0 24643
				100	100RT16G0 24644
	Blade Size 1	RT16-1-B	500/660	125	125RT16G0 24645
				160	160RT16G0 24646
				63	63RT16G1 24647
				80	80RT16G1 24648
				100	100RT16G1 24649
				125	125RT16G1 24650
				160	160RT16G1 24651
				200	200RT16G1 24652
				225	225RT16G1 24653
				250	250RT16G1 24654
	Blade Size 2	RT16-2-B	500/660	125	125RT15G2 24655
				160	160RT16G2 24656
				200	200RT16G2 24657
				225	225RT16G2 24658
				250	250RT16G2 24659
				300	300RT16G2 24660
				315	315RT16G2 24661
				355	355RT16G2 24662
				400	400RT16G2 24663
					Blade Size 3
200	200RT16G3 24665				
225	225RT16G3 24666				
250	250RT16G3 24667				
300	300RT16G3 24668				
315	315RT16G3 24669				
355	355RT16G3 24670				
400	400RT16G3 24671				
500	500RT16G3 24672				
630	630RT16G3 24673				
	Blade Size 4	RT16-4-B	500/660	800	800RT16G4 24675
				1000	1000RT16G4 24676

Low Voltage Fuses Series RT16

Outline and installation dimensions

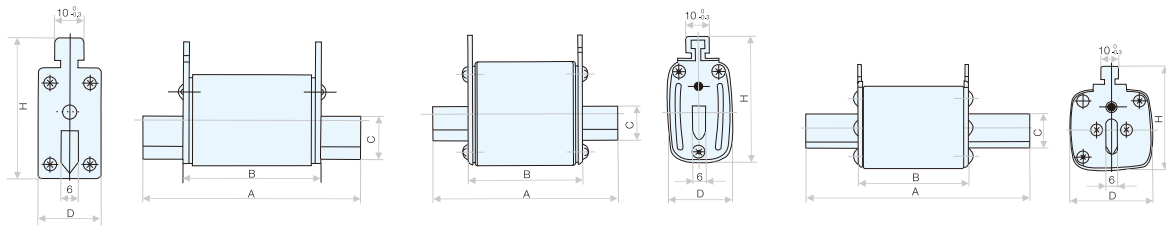


Fig 1

Fig 2

Fig3

Carrier Fuse

SASSIN	Overall dimension (mm)					
	Drawing	A	B	C	D	H
RT16-00C	Fig 1	78	49	15	21	52.5
RT16-00	Fig 2	78	49	15	29	56
RT16-0	Fig 2	125	68	15	29	56
RT16-1	Fig 3	135	68	20	48	60
RT16-2	Fig 3	150	68	26	60	70
RT16-3	Fig 3	150	68	32	67	82
RT16-4	Fig 3	200	68	50	90	120

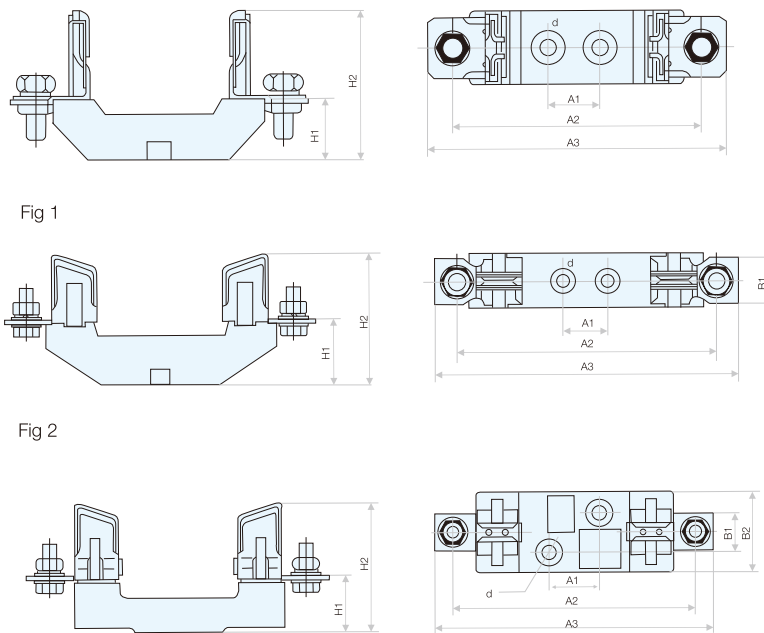


Fig 1

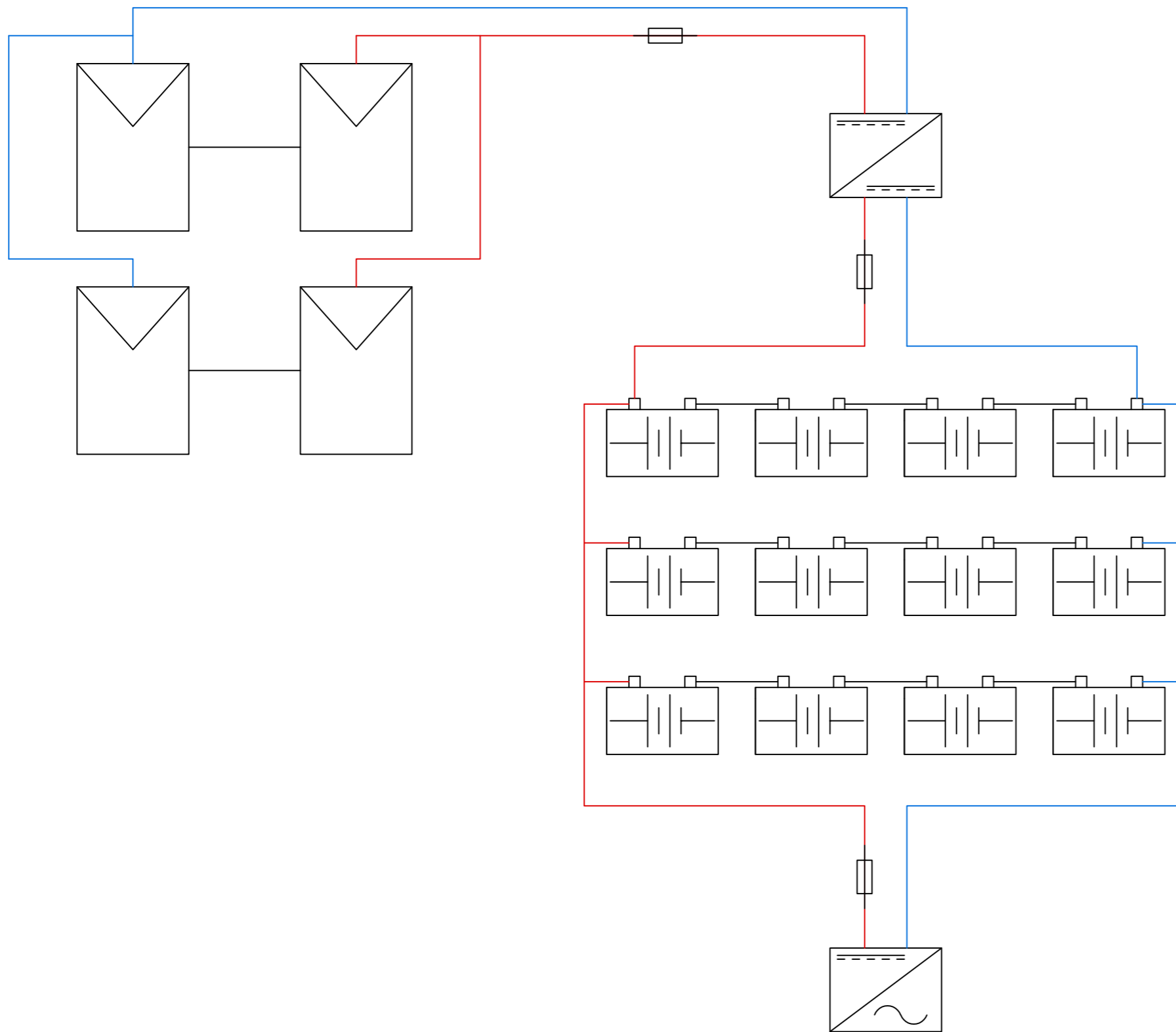
Fig 2

Fig3

Base

Products model	Overall dimension (mm)								
	Drawing	A1	A2	A3	B1	B2	H1	H2	Ø d
RT16-00-B	Fig 1	25	100	120	-	-	25	60	7.5
RT16-0-B	Fig 2	25	100	120	30	-	25	60	7.5
RT16-1-B	Fig 3	25	175	200	30	58	38	84	10.5
RT16-2-B	Fig 3	25	200	225	30	60	38	84	10.5
RT16-3-B	Fig 3	25	210	250	30	60	40	105	10.5
RT16-4-B	Fig 3	25	264	300	30	88	40	137	9

Anexo IV. Plano Esquemático



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	PANEL FOTOVOLTAICO
	CONTROLADOR DE CARGA
	INVERSOR DC/AC
	BATERÍA
	FUSIBLE

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
Diagrama de conexiones de un sistema fotovoltaico aislado a la red	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A	MATERIAL: N/A
	ESCALA: N/A	FORMATO: A3
DISEÑADO POR: ESTEBAN FERNANDO VINUEZA ALBÁN	FECHA: 17/08/2022	LÁMINA: N1

Anexo V. Costos del sistema



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS



INFORME DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DIMENSIONADO

1. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS GENERALES DEL SISTEMA

Parámetro	Valor	Unidad
Voltaje DC del sistema	48	Vdc
Voltaje AC entregado al hogar	110	Vac
Consumo diario total	5624	Wh/día
Demanda máxima total	3009	W
Horas solares pico	4.58	h

2. INFORMACIÓN DEL PANEL FOTOVOLTAICO

Panel seleccionado: 48V 400W SARONIC

Potencia:	400	W
Vmp:	41.17	V
Imp:	9.72	A
Voc:	49.5	V
Isc:	10.26	A

3. INFORMACIÓN DEL CONTROLADOR DE CARGA

Controlador seleccionado: MPPT 48V 45A 150V 2600W Victron Energy

Potencia entregada:	2600	W
Corriente entregada:	45	A
Voltaje entregado:	150	V

4. INFORMACIÓN DEL INVERSOR

Inversor seleccionado: 48V 3000VA 6000W Victron Energy

Voltaje de entrada:	48	Vdc
Voltaje de salida:	120	Vac
Potencia máxima:	6000	W
Eficiencia:	94	%

5. INFORMACIÓN DE LAS BATERÍAS

Batería seleccionada: 12V 150Ah Plus Energy

Capacidad de la batería: 150 Ah
Voltaje de la batería: 12.00 V

Uso destinado de la batería:

Días de autonomía: 1 día(s)
Profundidad de descarga: 50 %
Número de baterías conectadas en paralelo: 3
Número de baterías conectadas en serie: 4.00
Número total de baterías: 12

6. INFORMACIÓN DE LOS CABLES

El cable escogido para la conexión entre paneles y controlador es: AWG14 (25A) Electrocables Rollo 100mt
El cable escogido para la conexión entre controlador y baterías es: AWG8 (55A) Electrocables Rollo 100mt
El cable escogido para la conexión entre baterías e inversor es: AWG8 (55A) Electrocables Rollo 100mt

7. INFORMACIÓN DE LOS FUSIBLES

El cable escogido para la conexión entre paneles y controlador es: 32A 500V SASSIN
El cable escogido para la conexión entre controlador y baterías es: 63A 500V SASSIN
El cable escogido para la conexión entre baterías e inversor es: 63A 500V SASSIN

8. COSTOS DE LA INSTALACIÓN

Equipo	Descripción	Cantidad	Valor unitario (USD)	Subtotal (USD)
Panel Solar	48V 400W SARONIC	4	183.68	734.72
Controlador de carga	MPPT 48V 45A 150V 2600W Victron Energy	1	525.28	525.28
Batería solar	12V 150Ah Plus Energy	12	194.17	2330.04
Inversor	48V 3000VA 6000W Victron Energy	1	987.87	987.87
Cable entre paneles y controlador	AWG14 (25A) Electrocables Rollo 100mt	1	49.73	49.73
Cable entre controlador y baterías	AWG8 (55A) Electrocables Rollo 100mt	1	158.03	158.03
Cable entre baterías e inversor	AWG8 (55A) Electrocables Rollo 100mt	1	158.03	158.03
Cable a la salida del inversor	AWG6	1	248.56	248.56
Fusible entre paneles y controlador	32A 500V SASSIN	1	3.11	3.11
Fusible entre controlador y baterías	63A 500V SASSIN	1	3.85	3.85
Fusible entre baterías e inversor	63A 500V SASSIN	1	3.85	3.85
SUBTOTAL (USD)				5203.07
IVA (12%)				624.37
TOTAL (USD)				5827.44

Anexo VI. Informe de PVsyst

Stand Alone System: Simulation parameters

Project : **TESIS Esteban Vinueza**

Geographical Site **Mitad del Mundo** Country **Ecuador**

Situation Latitude 0.01° N Longitude -78.45° W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-5 Altitude 2800 m
 Albedo 0.20

Meteo data: **Mitad del Mundo** Meteonorm 7.1, Sat=100% - Synthetic

Simulation variant : **New simulation variant**

Simulation date 06/07/22 10h44

Simulation parameters System type **Stand-alone system**
Collector Plane Orientation Tilt 15° Azimuth 0°
Models used Transposition Perez Diffuse Perez, Meteonorm

PV Array Characteristics

PV module Si-mono Model **LG 400 N2W-A5**
 Original PVsyst database Manufacturer LG Electronics
 Number of PV modules In series 2 modules In parallel 3 strings
 Total number of PV modules Nb. modules 6 Unit Nom. Power 400 Wp
 Array global power Nominal (STC) **2400 Wp** At operating cond. 2186 Wp (50°C)
 Array operating characteristics (50°C) U mpp 73 V I mpp 30 A
 Total area Module area **12.4 m²** Cell area 11.2 m²

PV Array loss factors

Thermal Loss factor U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (wind) 0.0 W/m²K / m/s
 Wiring Ohmic Loss Global array res. 40 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC
 Serie Diode Loss Voltage Drop 0.7 V Loss Fraction 0.9 % at STC
 Module Quality Loss Loss Fraction -0.8 %
 Module Mismatch Losses Loss Fraction 1.0 % at MPP
 Strings Mismatch loss Loss Fraction 0.10 %

Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

System Parameter System type **Stand Alone System**

Battery Model **Dural SC**
 Manufacturer Electrona
 Battery Pack Characteristics Voltage 48 V Nominal Capacity 450 Ah
 Nb. of units 4 in series x 3 in parallel
 Temperature Fixed (20°C)

Controller Model Conext_MPPT_60_150 - 48V
 Manufacturer Schneider Electric
 Technology MPPT converter Temp coeff. -5.0 mV/°C/elem.

Converter Maxi and EURO efficiencies 98.0 / 94.2 %

Battery Management control Threshold commands as Battery voltage
 Charging 63.6 / 51.2 V Corresp. SOC 1.00 / 1.20
 Discharging 51.1 / 51.2 V Corresp. SOC 1.20 / 1.20

User's needs : Daily household consumers Constant over the year
 average 7.0 kWh/Day

Stand Alone System: Detailed User's needs

Project : TESIS Esteban Vinueza

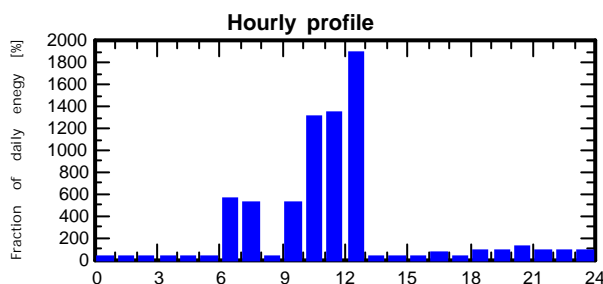
Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters	System type	Stand alone		
PV Field Orientation	tilt	15°	azimuth	0°
PV modules	Model	LG 400 N2W-A5	Pnom	400 Wp
PV Array	Nb. of modules	6	Pnom total	2400 Wp
Battery	Model	Dural SC	Technology	Lead-acid, vented, tubular
Battery Pack	Nb. of units	12	Voltage / Capacity	48 V / 450 Ah
User's needs	Daily household consumers	Constant over the year	Global	2566 kWh/year

Daily household consumers, Constant over the year, average = 7.0 kWh/day

Annual values

	Number	Power	Use	Energy
Cargador de teléfono	2	20 W/lamp	4 h/day	160 Wh/day
Lavadora	1	800 W/app	2 h/day	1600 Wh/day
Luminaria	6	9 W/app	6 h/day	324 Wh/day
Router	1		24 Wh/day	600 Wh/day
Otras cargas	1	490 W tot	6 h/day	2940 Wh/day
Sobredimensionamiento	1	1382 W tot	1 h/day	1382 Wh/day
Stand-by consumers			24 h/day	24 Wh/day
Total daily energy				7030 Wh/day



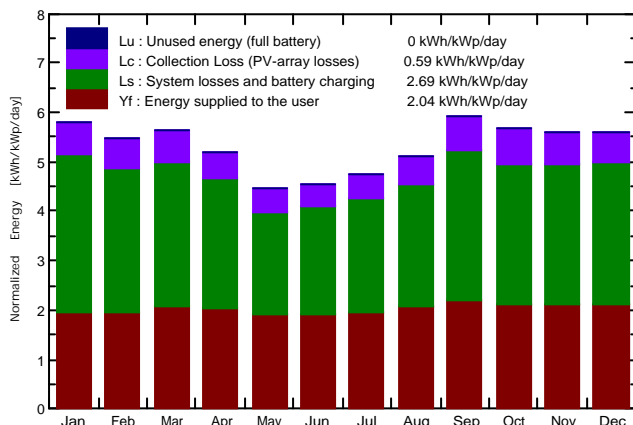
Stand Alone System: Main results

Project : TESIS Esteban Vinueza
Simulation variant : New simulation variant

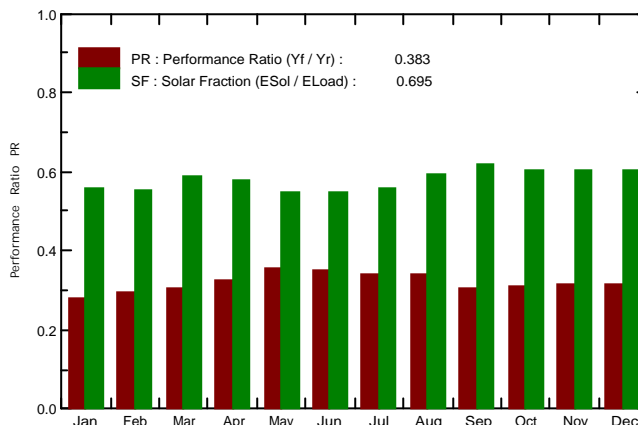
Main system parameters		System type	Stand alone		
PV Field Orientation		tilt	15°	azimuth	0°
PV modules		Model	LG 400 N2W-A5	Pnom	400 Wp
PV Array		Nb. of modules	6	Pnom total	2400 Wp
Battery		Model	Dural SC	Technology	Lead-acid, vented, tubular
Battery Pack		Nb. of units	12	Voltage / Capacity	48 V / 450 Ah
User's needs	Daily household consumers	Constant over the year		Global	2566 kWh/year

Main simulation results		Available Energy	3856 kWh/year	Specific prod.	1607 kWh/kWp/year
System Production		Used Energy	1784 kWh/year	Excess (unused)	0 kWh/year
		Performance Ratio PR	38.31 %	Solar Fraction SF	69.54 %
Loss of Load		Time Fraction	32.7 %	Missing Energy	782 kWh/year

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2400 Wp



Performance Ratio PR and Solar Fraction SF



New simulation variant Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Avail kWh	EUunused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
January	167.7	175.5	358.4	0.020	72.08	145.8	217.9	0.669
February	148.4	149.4	305.4	0.000	65.63	131.2	196.8	0.667
March	176.3	169.6	348.7	0.019	64.01	153.9	217.9	0.706
April	166.3	150.5	314.6	0.000	65.10	145.8	210.9	0.691
May	156.2	133.8	274.7	0.000	75.00	142.9	217.9	0.656
June	157.1	131.3	275.6	0.000	72.83	138.1	210.9	0.655
July	168.3	141.9	298.3	0.038	72.55	145.4	217.9	0.667
August	173.4	153.0	314.6	0.019	62.62	155.3	217.9	0.713
September	183.9	172.7	353.5	0.000	53.81	157.1	210.9	0.745
October	172.2	171.1	338.2	0.019	59.94	158.0	217.9	0.725
November	158.2	164.3	329.6	0.000	58.05	152.8	210.9	0.725
December	160.1	169.4	344.8	0.000	59.92	158.0	217.9	0.725
Year	1988.0	1882.5	3856.4	0.116	781.55	1784.4	2565.9	0.695

Legends:

GlobHor	Horizontal global irradiation	E Miss	Missing energy
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E User	Energy supplied to the user
E Avail	Available Solar Energy	E Load	Energy need of the user (Load)
EUunused	Unused energy (full battery) loss	SolFrac	Solar fraction (EUsed / ELoad)

Stand Alone System: Loss diagram

Project : TESIS Esteban Vinueza

Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters	System type	Stand alone		
PV Field Orientation	tilt	15°	azimuth	0°
PV modules	Model	LG 400 N2W-A5	Pnom	400 Wp
PV Array	Nb. of modules	6	Pnom total	2400 Wp
Battery	Model	Dural SC	Technology	Lead-acid, vented, tubular
Battery Pack	Nb. of units	12	Voltage / Capacity	48 V / 450 Ah
User's needs	Daily household consumers	Constant over the year	Global	2566 kWh/year

Loss diagram over the whole year

