



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones

Prototipo de sistema fotovoltaico híbrido capaz de abastecer de energía a vehículos eléctricos particulares y de estaciones de carga en la ciudad de Loja

Trabajo de Titulación previo a
optar por el Título de Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones

AUTOR:

Rodrigo Alexander Lojan Sánchez

DIRECTOR:

Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, PhD.

Loja – Ecuador

2025

Certificación

Loja, 19 de noviembre del 2024

Ingeniero. Juan Carlos Solano Jiménez, PhD.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Prototipo de sistema fotovoltaico híbrido capaz de abastecer de energía a vehículos eléctricos particulares y de estaciones de carga en la ciudad de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**, de la autoría del estudiante **Rodrigo Alexander Lojan Sanchez**, con **cédula de identidad Nro. 1150478822**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.



Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, PhD.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, Rodrigo Alexander Lojan Sanchez, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firmado electrónicamente por:
RODRIGO ALEXANDER
LOJAN SANCHEZ

Firma:

Cédula de identidad: 115047882-2

Fecha: 15/01/2025

Correo electrónico: rodrigo.lojan@unl.edu.ec

Celular: 0979494576

Carta de autorización por parte del autor, para la consulta de reproducción parcial o total, y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Titulación.

Yo, **Rodrigo Alexander Lojan Sanchez** declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Prototipo de sistema fotovoltaico híbrido capaz de abastecer de energía a vehículos eléctricos particulares y de estaciones de carga en la ciudad de Loja**; como requisito para optar por el Título de **Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo en la ciudad de Loja, a los once días del mes de enero del dos mil veinticinco.



Firmado electrónicamente por:
**RODRIGO ALEXANDER
LOJAN SANCHEZ**

Firma:

Autor: Rodrigo Alexander Lojan Sanchez

Cédula: 115047882-2

Dirección: Calle Onas y av de los Paltas

Correo electrónico: rodrigo.lojan@unl.edu.ec

Celular: 0979494576

DATOS COMPLEMENTARIOS: Director del Trabajo de Titulación: Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, PhD.

Dedicatoria

A Dios quien guía mi vida encaminada en valores. A mis padres quienes me han apoyado en cada momento y con su sabiduría me dan fuerzas para seguir adelante. A mi familia que es el pilar de mi perseverancia para que día a día anhele crecer y fomentar metas para llegar a ser una persona útil a la sociedad.

Rodrigo Alexander Lojan Sanchez

Agradecimiento

Primeramente, le agradecemos a Dios por ser fuente más pura de inspiración para culminar uno de mis anhelos personales.

A la Universidad Nacional de Loja, a los docentes y autoridades de gran prestigiosa Institución de Educación Superior, por sus valiosas enseñanzas que día a día imparten a los estudiantes para una formación encaminada en valores y conocimientos.

Rodrigo Alexander Lojan Sanchez

Índice de Contenidos

Portada.....	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización.	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	xii
Índice de figuras	xiii
Índice de anexos	xv
1. Título.....	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico	7
4.1 Vehículos eléctricos.....	7
4.1.1. ¿Qué es un vehículo eléctrico?.....	7
4.1.2. Tipos de carga de vehículos eléctricos	8
4.1.3. Vehículo eléctrico en el Ecuador	8
4.1.3.1. Modelos de vehículos eléctricos	9
4.1.4. Vehículos eléctricos en la ciudad de Loja	10
4.1.5. Características de vehículos eléctricos en la ciudad de Loja.....	10

4.1.6.	Cargadores de vehículos eléctricos	11
4.1.7.	Autonomía de la batería de los vehículos eléctricos	11
4.1.8.	Tarifa de energía eléctrica empleada para recarga de baterías	12
4.2	Sistema fotovoltaico híbrido para vehículos eléctricos	13
4.2.1.	Definición de los sistemas fotovoltaicos híbridos	13
4.2.2.	Importancia de los sistemas fotovoltaicos híbridos.....	13
4.2.3.	Principales características de los sistemas fotovoltaicos híbridos.....	14
4.2.4.	Componentes de un sistema solar fotovoltaico híbrido.....	14
4.2.4.1.	Paneles solares	14
4.2.4.2.	Controlador de carga.....	15
4.2.4.3.	Inversor	16
4.2.4.4.	Baterías	17
4.2.4.5.	Cableado	18
4.2.4.6.	Bloque de control	19
4.2.4.7.	Protecciones	20
4.2.5.	Capacidad energética de la red de distribución en Loja	21
4.2.6.	Principio de funcionamiento de sistemas fotovoltaicos para cargar vehículos eléctricos.....	22
4.2.6.1.	Sistema fotovoltaico independiente	22
4.2.6.2.	Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica	23
4.3.	Irradiación Solar en la ciudad de Loja.....	24
4.3.1.	¿Qué es irradiación solar?	24
4.3.2.	Irradiación solar a nivel local	24

5. Metodología.....	26
5.1 Materiales.....	26
5.2 Descripción del área de estudio	26
5.3 Estructura de encuesta para determinar el consumo energético real de los vehículos eléctricos en la ciudad de Loja.....	28
5.4 Irradiación Global Horizontal (IGH) para la ciudad de Loja	29
5.5 Ángulo de inclinación de los paneles solares	29
5.6 Horas Solar Pico (HSP).....	30
5.7 Ecuaciones de los diferentes modelos propuestos para el dimensionamiento matemático.....	30
5.7.1. Primer modelo	30
5.7.2. Segundo modelo.....	32
5.7.3. Tercer modelo.....	35
5.7.4. Cuarto modelo	38
5.7.5. Comparación de los diferentes modelos.....	41
5.8 Dimensionamiento de Cableado y Protecciones	42
5.8.1. Dimensionamiento de Cableado.....	42
5.8.1.1. Cableado para un sistema fotovoltaico independiente	42
5.8.1.2. Cableado para sistema fotovoltaico conectado a la red	45
5.8.2. Protecciones.....	46
5.8.2.1. Protecciones para sistema fotovoltaico independiente.....	47
5.8.2.2. Protecciones para sistema fotovoltaico conectado a la red.....	48
5.9 Dimensionamiento de la puesta a tierra.....	49

5.10	Simulación en el software PVsyst para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico BYD e5.....	49
5.10.1.	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico independiente en PVsyst.....	52
5.10.2.	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico conectado a la red en PVsyst	58
6.	Resultados	63
6.1	Consumo energético real de los vehículos eléctricos en la ciudad de Loja.....	63
6.1.1.	Resumen de los principales resultados de las encuestas realizadas	69
6.1.2.	Consumo energético real obtenido de la EERSSA	70
6.2	Promedio de Irradiación Global Horizontal (IGH) para la ciudad de Loja	71
6.3	Dimensionamiento matemático para el sistema fotovoltaico independiente y conectado a la red del vehículo eléctrico BYD e5.....	72
6.3.1.	Dimensionamiento del cableado para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico BYD e5.	73
6.3.2.	Dimensionamiento de las protecciones para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico BYD e5.	74
6.4	Esquemas de conexión de los sistemas fotovoltaicos para el vehículo eléctrico BYD e5.....	75
6.5	Principales equipos de los sistemas fotovoltaicos para el vehículo eléctrico BYD e5.	78
6.6	Resultados de simulación en el software PVsyst para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico BYD e5.....	80
6.7	Análisis económico para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico BYD e5.	83
6.8	Socialización con instituciones encargadas.....	88

7.	Discusión.....	90
8.	Conclusiones.....	92
9.	Recomendaciones.....	94
10.	Bibliografía.....	¡Error! Marcador no definido.
11.	Anexos.....	98

Índice de tablas

Tabla 1. Modelos de vehículos eléctricos en el Ecuador.....	9
Tabla 2. Vehículos eléctricos existentes en la ciudad de Loja.....	10
Tabla 3. Caracterización de vehículos eléctricos en la ciudad de Loja.....	10
Tabla 4. Características de cargadores de vehículos eléctrico.	11
Tabla 5. Tipos de paneles solares	15
Tabla 6. Características de la red de distribución de Loja.....	21
Tabla 7. Valores de irradiación en las regiones del Ecuador.	25
Tabla 8. Comparativa de resultados de los 4 modelos de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos.....	41
Tabla 9. Registro de kilometraje y características de carga de los vehículos eléctricos de cada propietario encuestado.	69
Tabla 10. Consumo energético real de un propietario por cada tipo de vehículo eléctrico y de la electrolinera.....	70
Tabla 11. Datos de IGH de diferentes fuentes para la ciudad de Loja.	71
Tabla 12. Comparativa de resultados de los 4 modelos de dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos.....	72
Tabla 13. Características del cableado para el sistema fotovoltaico independiente.....	73
Tabla 14. Características del cableado para el sistema fotovoltaico conectado a la red.	74
Tabla 15. Características de las protecciones para el sistema fotovoltaico independiente.	74
Tabla 16. Características de las protecciones para el sistema fotovoltaico conectado a la red....	74
Tabla 17. Características de los equipos usados en el sistema fotovoltaico independiente.	78
Tabla 18. Características de los equipos usados en el sistema fotovoltaico conectado a la red..	79
Tabla 19. Parámetros y resultados de PVsyst para el sistema fotovoltaico independiente.	80
Tabla 20. Parámetros y resultados de PVsyst para el sistema fotovoltaico conectado a la red. ..	81
Tabla 21. Presupuesto total del sistema fotovoltaico independiente.....	84
Tabla 22. Cálculo del periodo de amortización del sistema fotovoltaico independiente.	85
Tabla 23. Presupuesto total del sistema fotovoltaico conectado a la red.	86
Tabla 24. Cálculo del periodo de amortización del sistema fotovoltaico conectado a la red.	87

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama del vehículo eléctrico.....	7
Figura 2. Promedio de ventas de vehículos eléctricos en Ecuador.....	9
Figura 3. Esquema de sistema fotovoltaico hibrido.....	13
Figura 4. Controlador MPPT vs PWM.....	16
Figura 5. Baterías para sistemas solares.....	17
Figura 6. Esquema de inversor con bloque de control.....	19
Figura 7. Principio de funcionamiento del medidor bidireccional.....	20
Figura 8. Sistema fotovoltaico independiente para cargar vehículos eléctricos.....	22
Figura 9. Sistema fotovoltaico conectado a la red para cargar vehículos eléctricos.....	23
Figura 10. Índice de irradiación solar ($\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$) de la provincia de Loja.....	25
Figura 11. Ubicación de la electrolinera BYD en la ciudad de Loja.....	27
Figura 12. Proceso de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos del primer modelo.....	31
Figura 13. Proceso de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos del segundo modelo.....	33
Figura 14. Proceso de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos del tercer modelo.....	36
Figura 15. Proceso de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos del cuarto modelo.....	39
Figura 16. Tramos de un sistema fotovoltaico.....	42
Figura 17. Caídas de tensión máximas permitidas para sistema fotovoltaico independiente.....	44
Figura 18. Caídas de tensión máximas permitidas para sistema fotovoltaico conectado a la red.....	46
Figura 19. Principales elementos de protección de un sistema fotovoltaico.....	47
Figura 20. Interfaz principal de PVsyst 7.4.....	50
Figura 21. Coordenadas geográficas para Loja en PVsyst.....	51
Figura 22. Datos meteo mensual para Loja en PVsyst.....	52
Figura 23. Parámetros de orientación de los paneles solares para un sistema fotovoltaico independiente en PVsyst.....	53
Figura 24. Necesidades del usuario del sistema fotovoltaico independiente en PVsyst.....	54
Figura 25. Configuración de almacenamiento del sistema fotovoltaico independiente en PVsyst.....	55
Figura 26. Configuración de diseño del sistema fotovoltaico independiente en PVsyst.....	56
Figura 27. Condiciones de simulación para el sistema fotovoltaico independiente en PVsyst.....	57

Figura 28. Resultados de simulación del sistema fotovoltaico independiente en PVsyst.	57
Figura 29. Parámetros de orientación de los paneles solares para un sistema fotovoltaico conectado a la red en PVsyst	58
Figura 30. Configuración de diseño del sistema fotovoltaico conectado a la red en PVsyst.	59
Figura 31. Condiciones de Dimensionamiento del sistema fotovoltaico conectado a la red en PVsyst.	60
Figura 32. Resumen global del sistema fotovoltaico conectado a la red en PVsyst.....	61
Figura 33. Resultados de simulación del sistema fotovoltaico conectado a la red en PVsyst.	61
Figura 34. Electrolinea BYD ubicada a los alrededores del estadio reina del Cisne en la ciudad de Loja.	63
Figura 35. Tipos de vehiuclos electricos en la ciudad de Loja.	64
Figura 36. Recuperación de inversión.	67
Figura 37. Experiencia de propietarios con vehículos eléctricos.....	67
Figura 38. Recomendación de compra de vehículos eléctricos.	68
Figura 39. Opinión de los propietarios a un posible retorno de vehículos de gasolina.	68
Figura 40. Promedio de IGH de diferentes fuentes para la ciudad de Loja.	71
Figura 41. Diagrama unifilar para el sistema fotovoltaico independiente.....	75
Figura 42. Diagrama unifilar para el sistema fotovoltaico conectado a la red.	76
Figura 43. Distribución de paneles y baterías del sistema fotovoltaico para el vehículo eléctrico BYD e5.	77
Figura 44. Energía obtenida anualmente del sistema fotovoltaico independiente.....	81
Figura 45. Energía obtenida anualmente del sistema fotovoltaico conectado a la red.	82
Figura 46. Porcentaje de degradación anual del panel solar Jinko Solar TigerPro 54HC 405 Watt	83

Índice de anexos

Anexo 1. Hojas de datos de los equipos utilizados en el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico independiente para el vehículo eléctrico BYD e5.	98
Anexo 2. Hojas de datos de los equipos utilizados en el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico conectado a la red para el vehículo eléctrico BYD e5.....	103
Anexo 3. Dimensionamiento matemático para el sistema fotovoltaico independiente y conectado a la red del vehículo eléctrico Kia Sould.	105
Anexo 4. Dimensionamiento del cableado para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico Kia Sould.	105
Anexo 5. Dimensionamiento de las protecciones para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico Kia Sould.....	106
Anexo 6. Esquemas de conexión de los sistemas fotovoltaicos para el vehículo eléctrico Kia Sould.	107
Anexo 7. Principales equipos de los sistemas fotovoltaicos para el vehículo eléctrico Kia Sould.	110
Anexo 8. Resultados de simulación en el software PVsyst para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico Kia Sould.	111
Anexo 9. Análisis económico para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico Kia Sould.	113
Anexo 10. Hojas de datos de los equipos utilizados en el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico independiente para el vehículo eléctrico Kia Sould.	117
Anexo 11. Hojas de datos de los equipos utilizados en el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico conectado a la red para el vehículo eléctrico Kia Sould.	121
Anexo 12. Dimensionamiento matemático para el sistema fotovoltaico independiente y conectado a la red de la electrolinera BYD e5.	123
Anexo 13. Dimensionamiento del cableado para los sistemas fotovoltaicos de la electrolinera BYD e5.....	123
Anexo 14. Dimensionamiento de las protecciones para los sistemas fotovoltaicos de la electrolinera BYD e5.	124
Anexo 15. Esquemas de conexión de los sistemas fotovoltaicos para la electrolinera BYD e5.	126
Anexo 16. Principales equipos de los sistemas fotovoltaicos para la electrolinera BYD e5.....	129

Anexo 17. Resultados de simulación en el software PVsyst para los sistemas fotovoltaicos de la electrolinera BYD e5.	130
Anexo 18. Análisis económico para los sistemas fotovoltaicos de la electrolinera BYD e5.	133
Anexo 19. Hojas de datos de los equipos utilizados en el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico independiente para la electrolinera BYD e5.	137
Anexo 20. Hojas de datos de los equipos utilizados en el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico conectado a la red para la electrolinera BYD e5.	139
Anexo 21. Certificación de traducción del abstract.	140

1. Título

Prototipo de sistema fotovoltaico híbrido capaz de abastecer de energía a vehículos eléctricos particulares y de estaciones de carga en la ciudad de Loja

2. Resumen

En Ecuador, particularmente en la ciudad de Loja, es crucial abordar el tema de electromovilidad tanto en su conceptualización como en su aplicación. Es necesario investigar y establecer fundamentos técnicos sólidos que respalden la adopción de esta modalidad, maximizando sus beneficios y mitigando sus impactos negativos. El presente trabajo de investigación se enfoca en el diseño técnico y económico de sistemas fotovoltaicos independientes y conectados a la red que cubran el consumo de vehículos (taxis) eléctricos particulares y de estaciones de carga (electrolinera).

Con la ayuda de encuestas y la utilización del "Geoportal Eléctrico (ArcGIS)" se logró obtener datos precisos sobre el promedio de consumo eléctrico diario y los requisitos técnicos de conexión tanto de la electrolinera como de los dos tipos de vehículos eléctricos utilizados en el servicio de taxis. Esta plataforma permite generar un resumen detallado de los puntos de carga y transformadores presentes en áreas específicas.

Seguidamente, se llevó a cabo el análisis técnico de dimensionamiento de cada sistema fotovoltaico, tanto independiente como conectado a la red, utilizando modelos matemáticos y el software "PVsyst". Se detalla desde el dimensionamiento inicial del sistema para satisfacer la carga requerida y los diagramas de conexión, hasta la selección y caracterización de cada componente del sistema. Es relevante destacar que se diseñaron dos sistemas que podrían ser implementados, ya sea en una residencia conectada a la red eléctrica o en un área rural sin acceso a ella. Además, al final, se incluye un análisis económico que abarca los costos asociados con la implementación y el periodo de amortización de cada sistema.

Por último, se socializó la propuesta de una posible implementación con instituciones de la ciudad de Loja.

Palabras Clave: *Vehículos eléctricos, sistemas fotovoltaicos, electromovilidad, electrolinera, consumo eléctrico, dimensionamiento técnico.*

Abstract

The concept and application of electromobility are crucial in Ecuador, particularly in Loja. A solid technical foundation is required to support the adoption of this mode, maximizing its benefits and mitigating its negative impacts. This work examines the design of stand-alone and grid-connected photovoltaic systems to cover the demand for power from private electric vehicles (cabs) and charging stations.

Through surveys and the use of the “Electricity Geoportal (ArcGIS),” accurate data was gathered on the average daily electricity consumption and the technical requirements for connecting both the electric charging station and the two types of electric vehicles used in the taxi service. This platform makes it possible to generate a detailed summary of the charging points and transformers present in specific areas.

A technical analysis of the sizing of each photovoltaic system, both independent and grid-connected, was conducted using mathematical models and the PVsyst software. There is a detailed description of how to size the system to meet the load and the connection diagrams, as well as a description of how each component of the system is selected and characterized. Two systems were designed that can be implemented in either a residence connected to the electrical grid or in a rural area without access to the grid. In addition, at the end, an economic analysis is included that covers the costs associated with the implementation and the amortization period of each system.

In conclusion, the proposal for a possible implementation with institutions in the city of Loja has been discussed.

Key words: *Electric vehicles, photovoltaic systems, electromobility, electric vehicle, electromobility, electricity consumption, technical dimensioning.*

3. Introducción

Actualmente a nivel mundial se ha notado un incremento exponencial en las cifras de adquisición de vehículos eléctricos. Según la revista Forbes en los últimos cinco años esta tendencia se sextuplico, logrando así una disminución significativa de las emisiones de CO2 y un aumento considerable en la demanda de energía a la red eléctrica. Según Cárdenas, (2023) los países que no dispongan de fuentes de energía renovable tendrán que aumentar la explotación de combustibles fósiles para suplir la creciente necesidad de movilidad, y aquellos que si dispongan de fuentes de energía renovable requerirán de importantes inversiones para aprovecharla y conseguir un cambio en el sistema al proporcionar energía necesaria.

De acuerdo con la Asociación Ecuatoriana de Empresas Automotrices (AEADE, 2023), la adquisición de vehículos eléctricos en el país continúa creciendo significativamente, ubicándose en un cuarto lugar a nivel de Sudamérica. Según Satuquinga y Tenorio, (2022) la falta de comprensión del impacto de los cargadores eléctricos en el sector residencial puede limitar el mercado de la electromovilidad, ya que los cargadores residenciales y equipos similares aumentarían la carga en los transformadores. Así mismo el paulatino aumento de la demanda energética en las ciudades obliga a las empresas de transmisión y distribución de electricidad a repotenciar sus redes, abarcando así elevados costes de implementación. Villareal y Cuji, (2023) sugieren que las zonas rurales sin acceso a la red eléctrica que aspiren a incorporarse al ámbito de la electromovilidad deberían emplear fuentes de energía renovable como paneles solares o generadores eólicos. Esto posibilitaría reducir su dependencia de combustibles fósiles y fomentar prácticas más sostenibles.

La ciudad de Loja, conocida como la ciudad más ecológica del Ecuador, inició en el 2017 un proyecto de taxis eléctricos, gracias a esta iniciativa aumentó su tarifa de compra y así incluyó un nuevo sector de consumo eléctrico que es la electromovilidad (Ismael et al., 2021). Por otra parte debido a que en la ciudad y sus alrededores existe carencia de puntos de carga (electrolineras), se crea la necesidad de que dichos puntos sean fijados en el domicilio. Esto asegura un acceso continuo y disponibilidad energética las 24 horas del día, pero también conlleva aumentos notables en los costos mensuales de energía y limita la movilidad al restringir los desplazamientos a áreas sin puntos de recarga.

Las características de la energía solar fotovoltaica permiten su contribución a un desarrollo ambiental y social sostenible al disminuir la huella de carbono vinculada a la generación de electricidad mediante el uso de combustibles fósiles. De manera similar, esta forma de energía puede ser aplicada de diversas maneras, ya sea de manera independiente, lo cual resulta especialmente beneficioso en áreas remotas sin acceso a la red eléctrica convencional, o conectada a la red, exportando excedentes que se acumulan como créditos a favor del usuario para compensar el consumo en periodos sin luz solar. Además, contribuiría a la estabilidad de la red eléctrica durante períodos de alta demanda.

El proceso de diseñar sistemas fotovoltaicos, ya sean independientes o conectados a la red, para cargar vehículos eléctricos particulares o de estaciones de carga comienza con la evaluación de la demanda energética. Posteriormente, es necesario obtener datos sobre la irradiación solar en la ubicación específica, calcular de manera matemática las características de los equipos necesarios en el diseño, buscar y seleccionar cuidadosamente los dispositivos más apropiados, simular y analizar los resultados mediante el uso de software especializado como PVsyst, y, finalmente, realizar un análisis económico de los sistemas fotovoltaicos diseñados.

Anticipando la futura demanda energética, CELEC (2016) proyecta que para el año 2026, el 60% de los vehículos de uso público deberán ser eléctricos. Este cambio en la composición del parque vehicular conllevará a un aumento en el consumo eléctrico para aquellos que buscan adquirir vehículos eléctricos y tienen acceso a la red eléctrica. Por otro lado, para aquellos sin acceso a la red convencional, se verá incentivada la adopción de fuentes de energía renovable como una alternativa sostenible y eficiente.

De esta forma se ve la necesidad de diseñar sistemas fotovoltaicos independientes y conectados a la red con almacenamiento para cargar vehículos eléctricos particulares y de estaciones de carga en la ciudad de Loja. Cabe recalcar que la presente investigación forma parte importante del proyecto “Análisis Económico del Autoconsumo Fotovoltaico Residencial en Ecuador: Herramienta de Simulación” dirigido por el Ing. Juan Carlos Solano, Msc docente investigador de la Universidad Nacional de Loja.

El desarrollo de este proyecto se planifica de acuerdo con la implementación de los objetivos presentados en el estudio, los cuales son:

- Determinar el consumo eléctrico y características técnicas de conexión necesarias para cargar vehículos eléctricos particulares y de la electrolinera en la ciudad de Loja.
- Dimensionar técnica y económicamente un prototipo de sistema fotovoltaico híbrido, con conexión a la red y almacenamiento, que cubra el consumo de vehículos eléctricos.
- Socializar la propuesta con las instituciones encargadas para analizar la posible implementación del sistema fotovoltaico híbrido.

4. Marco Teórico

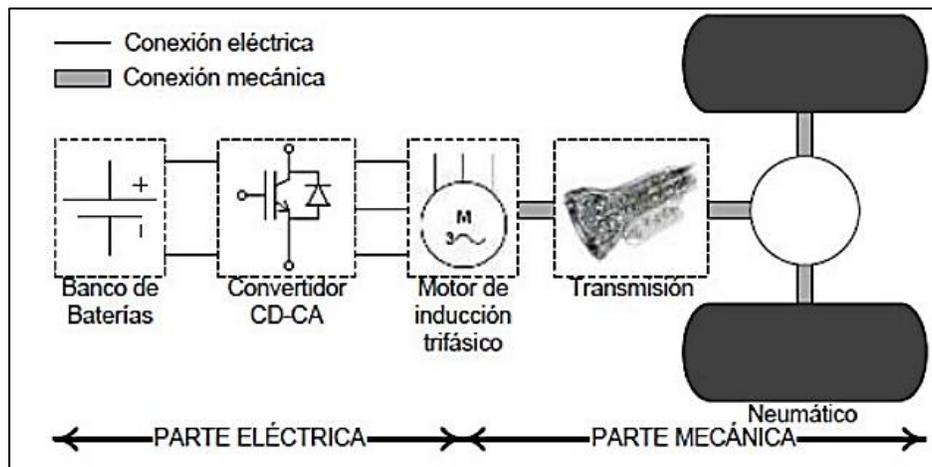
4.1. Vehículos eléctricos

4.1.1. ¿Qué es un vehículo eléctrico?

Según IngenierosTop, (2019) un vehículo eléctrico es aquel que es impulsado por uno o más motores eléctricos que utilizan la energía eléctrica almacenada en las baterías recargables y la transforman en energía cinética.

De acuerdo con Ismael et al., (2021) un componente clave de los vehículos eléctricos es el convertidor que transforma la corriente continua de las baterías en corriente alterna alimentando a los motores de inducción que usa esa energía alterna para crear un campo magnético giratorio que hace que el motor gire y proporcione energía mecánica para el movimiento de las ruedas, tal y como se muestra en la Figura 1.

Figura 1.
Diagrama del vehículo eléctrico.



Nota. Adaptado de: IngenierosTop, (2019).

A diferencia de los vehículos de combustión interna, que funcionan quemando combustible, un vehículo eléctrico obtiene la tracción de los motores eléctricos, esto contribuye de gran manera en evitar la contaminación del aire y acústica.

4.1.2. Tipos de carga de vehículos eléctricos

En relación con la potencia de carga de las baterías de los vehículos eléctricos, el tipo de carga se clasifica de la siguiente manera:

- **Carga lenta o domestica**

Actualmente se utiliza en el hogar, aplica niveles de potencia que involucran un tiempo de carga de unas 6 h a 8 h, dependiendo del tipo de batería que integre el vehículo. Estos datos técnicos dependen del nivel de carga convencional, el amperaje y el voltaje de la vivienda, este puede ser de entre 16 A y 220 V respectivamente (María Alegre Buj, 2017).

- **Carga semirrápida**

Para la semirrápida es conveniente tener una red de distribución eléctrica donde proporcione 32 A y 220 V (AC). Con esto se logra obtener una potencia de aproximadamente 7.30 kW. Su tiempo completo de carga ronda las 4 h.

- **Carga rápida**

Un tipo de carga que utiliza una red de energía de alta intensidad para cargar la batería al 65% en 20 min. Esto significa que la red eléctrica existente tendrá que ser adaptada.

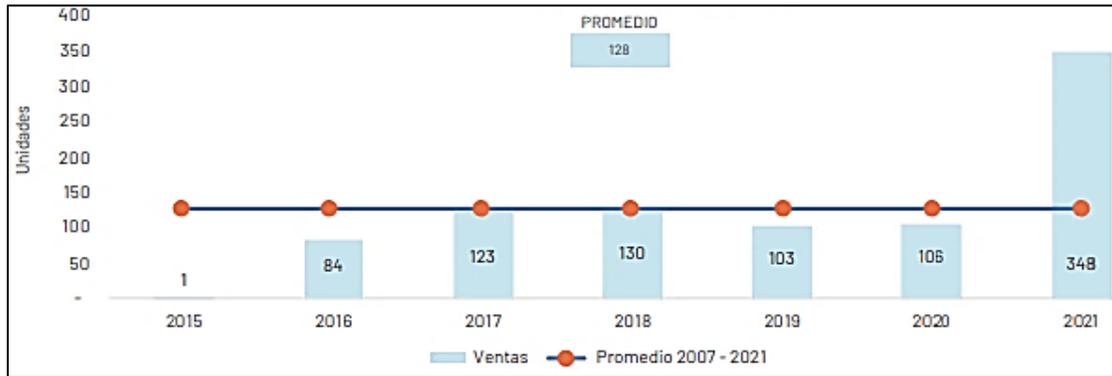
- **Carga superrápida**

Aquí la potencia que demanda es más alta en comparación a los otros tipos de recarga, aproximadamente el doble que la rápida, más usados en vehículos de alta gama como el Tesla Modelo S que le distribuye de 90 kW a 120 kW y le proporciona 250 km de autonomía en 20 min de carga (María Alegre Buj, 2017).

4.1.3. Vehículo eléctrico en el Ecuador

El anuario de Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE, 2021) señala que hasta el año 2021 se registraron en total ventas récord de 348 unidades de vehículos eléctricos, tal y como se muestra en la Figura 2, marcando una nueva tendencia hacia la electrificación de vehículos que llega al mercado ecuatoriano. Asimismo, varios proyectos de apoyo a la movilidad sostenible han supuesto un aumento del 228.30 % en la demanda de vehículos eléctricos y un aumento del 6.0 % en la oferta de vehículos eléctricos en 2021.

Figura 2.
Promedio de ventas de vehículos eléctricos en Ecuador.



Nota. Adaptado de: AEADE, (2021).

4.1.3.1. Modelos de vehículos eléctricos

Con el continuo avance de la tecnología y el creciente interés en la movilidad sostenible, se espera que el mercado de vehículos eléctricos en Ecuador siga expandiéndose, brindando a los consumidores más opciones y contribuyendo al desarrollo de un parque automotor más ecológico en el país. Dentro de este mercado se ofertan varias marcas de vehículos completamente eléctricos. En la Tabla 1 se los puede observar más a detalle.

Tabla 1.
Modelos de vehículos eléctricos en el Ecuador:

Marca	Modelo	Autonomía	Potencia	Velocidad máxima	Capacidad de batería
Kia	Sould	200 km	81.40 kW	145 km/h	27 kWh
Dongfeng	E70	400 km	112 kW	150 km/h	50.80 kWh
Dayang	CHOK	100 km	4.50 kW	50 km/h	Indefinida
Audi	Audi E-Tron RS GT	552 km	440 kW	250 km/h	93 kWh
Hyundai	Kona	564 km	150 kW	167 km/h	64 kWh
Nissan	Leaf	270 km	110 kW	144 km/h	40 kWh
Zhidou	D1	100 km	18 kW	120 km/h	Indefinida
BYD	BYD e5	400 km	70 kW	130 km/h	47.5 kWh
MG	ZS	335 km	110 kW	125 km/h	44 kWh
Jiayuan	City Spirits	120 km	7.50 kW	80 km/h	Indefinida

Nota. Elaborado por el autor.

4.1.4. Vehículos eléctricos en la ciudad de Loja

Actualmente se ha observado la circulación de vehículos eléctricos en su mayoría orientados al servicio de alquiler (taxi). Los ciudadanos podrán utilizarlos, demostrando así ser vehículos perfectamente adaptables a su entorno de movilidad.

En la Tabla 2 se observa la cantidad y marcas de vehículos eléctricos existentes en la localidad, confirmando que el modelo e5 de la marca BYD es el más vendido por su autonomía. (Sangurima, 2019).

Tabla 2.
Vehículos eléctricos existentes en la ciudad de Loja.

Marcas	Taxis eléctricos	Particular
Renault	No existe	2
Kia Sould	16	5
BYD e5	35	4
Total	62	

Nota. Adaptado de: Ismael et al., (2021).

4.1.5. Características de vehículos eléctricos en la ciudad de Loja

Considerando el estudio en la localidad de Loja, y tomando un enfoque en aquellos vehículos eléctricos que se han comercializado, se presentan sus características en la Tabla 3:

Tabla 3.
Caracterización de vehículos eléctricos en la ciudad de Loja.

Características	Kia Sould	BYD e5
Voltaje	360 V	653.40 V
Autonomía.	212 km	305 km
Consumo/100 km.	12.70 kWh	15.30 kWh
Consumo/km.	0.12 kWh	0.15 kWh
Potencia máx.	81.40 kW	160 kW
Torque max (kg-m/rpm)	29.80/2730	31.60/2730
Capacidad de batería.	27 kWh	47.5 kWh
Velocidad max	145 km/h	130 km/h

Nota. Adaptado de: Sangurima, (2019).

4.1.6. Cargadores de vehículos eléctricos

Son dispositivos diseñados para enlazar la estación de carga a la batería del vehículo eléctrico, también es conocido como sistema de alimentación del vehículo. Las marcas de automóviles eléctricos ofrecen diferentes tipos de conectores, los principales son: Schuko, Yazaki SAE J1772, CHAdeMO, Mennekes, presentados en la Tabla 4.

Tabla 4.
Características de cargadores de vehículos eléctrico.

Conector	Schuko	Yazaki SAE J1772	CHAdeMo	Mennekes
Representación				
Corriente	- Monofónica	- Monofónica CA	- Corriente Continua (CC)	- Monofónica
Tipo de carga	- Super lenta	- Lenta (16 A) - Semirrápida (80 A)	- Rápida (125 A)	- Trifásica CA - Lenta (16 A) - Semirrápida (60 A)
Modelos	- Twizy	- Nissan Leaf (2018) - Renault Zoe - Kia Sould	- Nissan eNV200 Leaf 2018 - Mitsubishi Outlander	- Nissan leaf (2018) - Renault Zoe - BYD e5

Nota. Adaptado de: Ismael et al., (2021).

El conector Yazaki SAE J1772 tiene características adecuadas para su uso en aplicaciones de carga lenta y semirrápida. Este conector se utiliza en vehículos modelo Kia Sould.

El conector Mennekes tiene características adecuadas para su uso en aplicaciones de carga lenta y semirrápida. Este conector se utiliza en vehículos BYD e5.

4.1.7. Autonomía de la batería de los vehículos eléctricos

La autonomía real de la batería de los vehículos BYD e5 fue de 180 km y no de 305 km como lo ofertaba la empresa BYD, por lo que, para laborar 12 h y recorrer 250 km por día, fue necesario que el vehículo efectuó la carga domiciliaria de 5 h durante la noche y de 25 min en una electrolinería instalada por la empresa BYD junto al estadio Reina del Cisne (Sangurima, 2019).

La autonomía real del vehículo Kia Sould no fue de 212 km como lo ofertó la empresa Kia, sino de 120 km y en algunos casos menos, lo que obligó a los propietarios a efectuar diariamente dos recargas domiciliarias de 5 h. Esto obligó a que se generen reclamos, que motivaron a que la empresa KIA cubra la garantía y emprenda en un proceso de reposición de las baterías, cuyo costo según los propietarios de los vehículos oscila alrededor de 13 000 USD (Sangurima, 2019).

En la mayoría de los casos, la carga de la batería se efectuó cuando se encontraba al 20%, esto por recomendación del fabricante y cuidado del vehículo; adicional a esto, otra limitación es que no puede salir a otra ciudad, debido a que aún no existen sitios públicos de carga rápida de vehículos en otras ciudades y carreteras del Ecuador (Sangurima, 2019).

4.1.8. Tarifa de energía eléctrica empleada para recarga de baterías

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), definió la tarifa general de baja tensión con registrador de demanda horaria para vehículos eléctricos, a ser aplicado para la carga en los domicilios, así como, la tarifa general de alta tensión a ser aplicada en las electrolinerías o cargadores rápidos.

En el caso de los domicilios la tarifa se aplicó para la facturación mensual del servicio público de energía eléctrica, medido por un registrador de demanda horaria independiente instalado en los garajes de los vehículos. Los propietarios de los vehículos eléctricos pagaron un promedio mensual de 90 USD por consumo de electricidad en su domicilio, los mismos que habitualmente, efectuaron la recarga de la batería de los vehículos en el horario de 22 h a 08 h, esto, con el objetivo de aprovechar los beneficios establecidos en el pliego tarifario de baja tensión para vehículos eléctricos, publicado en el anexo de la (Resolución Nro. 5/18 ARCONEL, 2018).

En el caso de la tarifa general de alta tensión para las estaciones de carga rápida de vehículos eléctricos, la ARCONEL aplicó una estructura y nivel tarifario parecido al de baja tensión. Los propietarios de los vehículos eléctricos BYD e5 utilizaron el cargador rápido durante el día, cancelando 2.7 USD por cargar 18 kWh en 25 min. Esta ventaja no la tienen los propietarios de los vehículos Kia Sould (Sangurima, 2019).

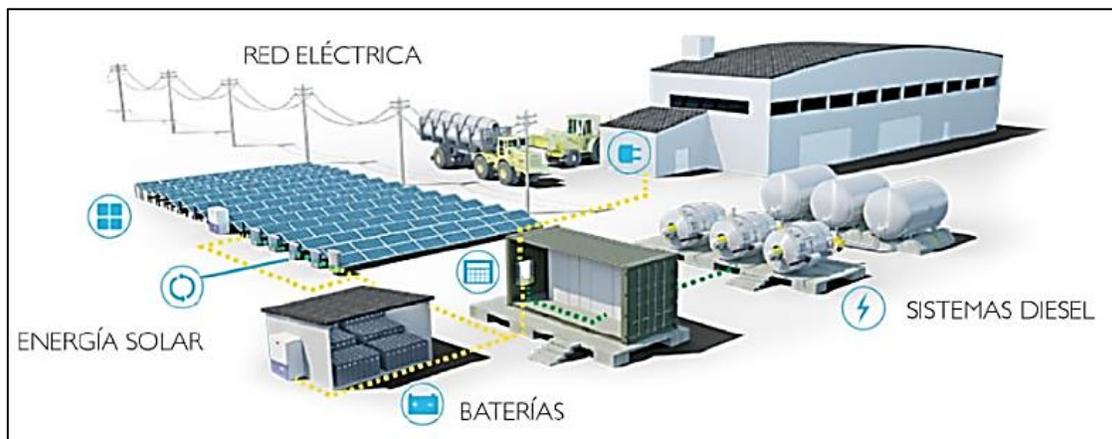
4.2. Sistema fotovoltaico híbrido para vehículos eléctricos

4.2.1. Definición de los sistemas fotovoltaicos híbridos

Un sistema fotovoltaico consta de numerosos componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que convergen para recolectar y convertir la energía solar disponible en energía eléctrica.

Como se puede observar en la Figura 3 el sistema fotovoltaico híbrido es el que usa dos o más fuentes de energía eléctrica, es decir la combinación de energía solar y la tecnología de red eléctrica, para así lograr una mejor integración de estas dos fuentes de energía.

Figura 3.
Esquema de sistema fotovoltaico híbrido.



Nota. Adaptado de: Renova, (2018).

4.2.2. Importancia de los sistemas fotovoltaicos híbridos

- La principal ventaja de la energía usada es que proviene de fuentes naturales prácticamente inagotables, otra razón es su gran potencial, ya que se producen a partir de fuentes naturales sin un proceso industrial como la gasolina y que son menos contaminantes.
- El concepto de sistema fotovoltaico híbrido es compatible con una amplia gama de aplicaciones que pueden ir desde centrales eléctricas de cientos de MW hasta pequeños sistemas de unos pocos kW (Renova, 2018).

- Como la generación de electricidad fotovoltaica está fuertemente influenciada por el clima, se necesitan fuentes de respaldo (es decir, almacenamiento estacionario y/o conexión a la red pública).

4.2.3. Principales características de los sistemas fotovoltaicos híbridos

- Los componentes principales del sistema fotovoltaico conectado a la red son: el generador fotovoltaico, que es el elemento encargado de convertir la radiación solar en electricidad; y un elemento acondicionador de la potencia generada, un inversor de corriente continua a alterna, cuya función es ajustar la potencia generada por el sistema fotovoltaico a las características eléctricas requeridas de la red a la que se conectará (Renova, 2018).
- La potencia nominal requerida y la potencia pico de los módulos seleccionados en el arreglo fotovoltaico, van a ser directamente proporcional al número de módulos o paneles solares fotovoltaicos.
- Para extraer siempre la máxima potencia disponible del campo fotoeléctrico, el inversor incorpora en sus funciones uno o varios elementos de control que monitorizan continuamente el MPPT (Punto de Máxima Potencia de Campo) mediante el ajuste continuo de la impedancia de carga (Renova, 2018).
- Con respecto a los aspectos de seguridad y calidad de la energía producida, las empresas de suministro eléctrico exigen que los fabricantes y usuarios de equipos relacionados con el sistema fotovoltaico cumplan con las normas y reglamentos aplicables para garantizar que todo el sistema en general trabaje de forma segura sin afectar la calidad de energía

4.2.4. Componentes de un sistema solar fotovoltaico híbrido

En una instalación solar fotovoltaica tenemos una serie de dispositivos o equipos que tenemos que dimensionar para poder transformar la radiación solar en energía eléctrica la cual inyectamos a la red.

4.2.4.1. Paneles solares

Los módulos fotovoltaicos o paneles solares son dispositivos que se utilizan para capturar la energía de la luz del sol. Los paneles solares fotovoltaicos contienen un conjunto de células solares que convierten la luz en electricidad. Las células solares tienen el efecto fotovoltaico para

absorber la energía del sol y hacer que la corriente eléctrica fluya entre dos capas cargadas en la dirección opuesta (Manchay, 2021).

La Tabla 5 muestra los diferentes tipos de soluciones tecnológicas para el aprovechamiento de la radiación solar.

Tabla 5.
Tipos de paneles solares

Paneles fotovoltaicos	Paneles térmicos	Paneles Termodinámicos
Generan suficiente energía para alimentar electrodomésticos comunes en los hogares.	Aquellos que se instalan en casas con recepción directa del sol, con altas temperaturas.	Aquellos que funcionan con variación meteorológica es decir clima nublado, lluvia o sea de noche.
Son una tecnología más avanzada que los térmicos.	Son una tecnología más simple.	Tecnología avanzada, bajo mantenimiento.
Captan energía solar.	Captan energía térmica.	Captan energía solar u térmica.
Producen directamente electricidad.	Producen agua caliente sanitaria.	Producen electricidad. Producen agua caliente sanitaria.
Vida útil 20 años aproximadamente.	Vida útil 10 años aproximadamente.	Vida útil 20 años aproximadamente.
Eficiencia entre 30% y 40% (Muy variado dependiendo del tiempo y del tipo)	Eficiencia media un 50% (muy variado dependiendo del tiempo y del tipo)	Eficiencia media un 70% (variada dependiendo del tipo).

Nota. Adaptado de: (Paute et al., 2020).

4.2.4.2. Controlador de carga

Es un dispositivo electrónico que controla el flujo de corriente de carga de los módulos o paneles solares a la batería. Romero, (2021) afirma “Es el equipo que se encarga de controlar el estado de carga de las baterías y de regular la intensidad de la carga para conseguir alargar la vida útil de las baterías”.

Este dispositivo controla el suministro de corriente del panel solar para evitar que las baterías se sobrecarguen y descarguen. Como se puede observar en la Figura 4 generalmente se utilizan dos clases de controladores de carga, PWM y MPPT, o Maximizer.

Figura 4.
Controlador MPPT vs PWM.



Nota. Adaptado de: Direnergy (2020).

La diferencia radica en que PWM trabaja con un voltaje fijo y hay que instalar placas que produzcan ese voltaje, por otro lado, MPPT busca la máxima potencia para maximizar la intensidad que producen las placas. Los paneles usados con PWM son pequeños paneles de 12 V o 24 V, 36 celdas o 72 celdas. Cualquier placa se puede usar con MPPT, por lo que generalmente se usan paneles de granja solar o conexiones de red de 60 celdas, ya que generalmente son más baratos (Romero, 2021).

4.2.4.3. Inversor

El inversor fotovoltaico es el dispositivo electrónico que permite suministrar la potencia generada a la red convencional. Su principal función es la de convertir la Corriente Continua (CC) producida por el generador fotovoltaico en Corriente Alterna (CA), con unas características establecidas por la red: 220 V de valor eficaz de tensión y una frecuencia de 60 Hz.

Los tipos de inversores y su conexión dependen, fundamentalmente, de su potencia nominal, según el Real Decreto BOE, (2011) de la norma española, para aquellos inversores o suma de inversores cuya potencia nominal sea menor o igual a 5 kW, la conexión a red debe ser monofásica, mientras que si excede los 5 kW de potencia nominal la conexión deberá ser trifásica con un desequilibrio entre fases inferior a dicho valor.

La conexión trifásica puede realizarse con un único inversor o con la conexión en paralelo de tres inversores monofásicos.

Teniendo en cuenta la forma de onda, los inversores en instalaciones conectadas a la red eléctrica deberán tener una forma de onda sinusoidal pura. Esto se debe a que a la salida la forma de onda debe ser la misma que la de la red eléctrica convencional, y así permitir la conexión a la misma.

4.2.4.4. Baterías

- **Baterías físicas**

Este elemento almacena la energía que producen los paneles solares durante el día y poder utilizarla durante la noche o cuando se la necesite. Una batería siempre almacena un cierto voltaje (12 V, 2 V, 0 V) y suele tener una capacidad máxima medida en Amperios hora (Ah). Las baterías convencionales presentadas en la figura 5 son tradicionalmente de plomo-ácido líquido o gel, lo que puede plantear problemas de estabilidad, mantenimiento o vida útil.

Figura 5.
Baterías para sistemas solares.



Nota. Adaptado de: Ecofender, (2021).

- **Baterías virtuales**

Se denomina batería virtual al contrato financiero entre el propietario del sistema solar fotovoltaico y el ente proveedor de energía mediante la red eléctrica, es decir la comercializadora,

misma que permite almacenar los excedentes de energía producida por el sistema solar en la red en lugar de almacenarla en baterías físicas (Hernández, 2023).

Según Haro, (2023) al almacenarse en la red eléctrica los sobrantes de la energía solar fotovoltaica se va generando un saldo que puede utilizarse mensualmente, reduciendo los costos de facturación energética hasta en un 100%. Además, las baterías virtuales pueden utilizarse tanto en proyectos fotovoltaicos nuevos como aquellos ya terminados.

Las ventajas de encaminarse al uso de baterías virtuales en vez de físicas conllevan reducción de costos, que van de la mano con una menor rentabilidad. Además, se ve reflejada en la eliminación de la obligación de contar con una ubicación física para almacenar las baterías, así como en la ausencia de cualquier requerimiento de mantenimiento.

4.2.4.5. Cableado

Se compone por todos los conductores eléctricos de la instalación. Su importancia radica en que su correcto dimensionamiento puede suponer una disminución importante de las pérdidas de energía en el sistema. Con esto podemos destacar una definición importante a tener en cuenta, como es la caída de tensión en los mismos.

La caída de tensión en los conductores se producirá tanto en los circuitos de corriente directa como en los de la parte de alterna.

Según PLC Madrid, (2013) los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1.5% para la intensidad nominal.

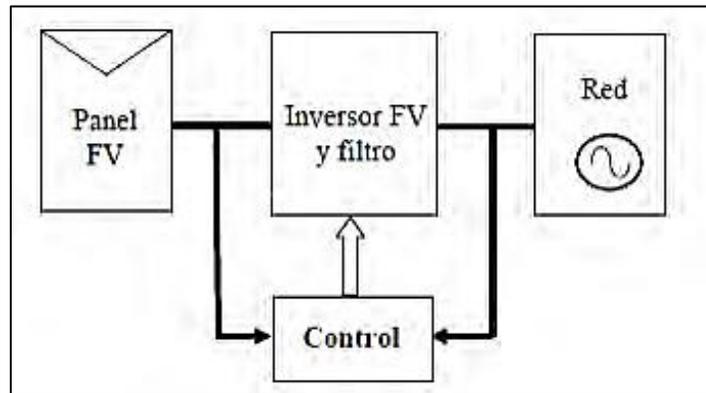
De acuerdo con IDAE, (2011) los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1.50% y los de la parte de CA para que la caída de tensión sea inferior al 2% teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a las cajas de conexiones.

4.2.4.6. Bloque de control

Su aplicación permite mejorar el funcionamiento de las instalaciones, aumentar su rendimiento, reducir costes y prolongar su vida útil.

Este bloque se encarga de recoger los datos de funcionamiento de la instalación y dar las órdenes necesarias para asegurar su correcto funcionamiento. Como se puede observar en la Figura 6 cuenta con sistemas de monitorización y control, los cuales se pueden dividir en dos grupos: los sistemas manuales y los computarizados (Cornejo, 2013).

Figura 6.
Esquema de inversor con bloque de control.



Nota. Adaptado de: Cornejo, (2013).

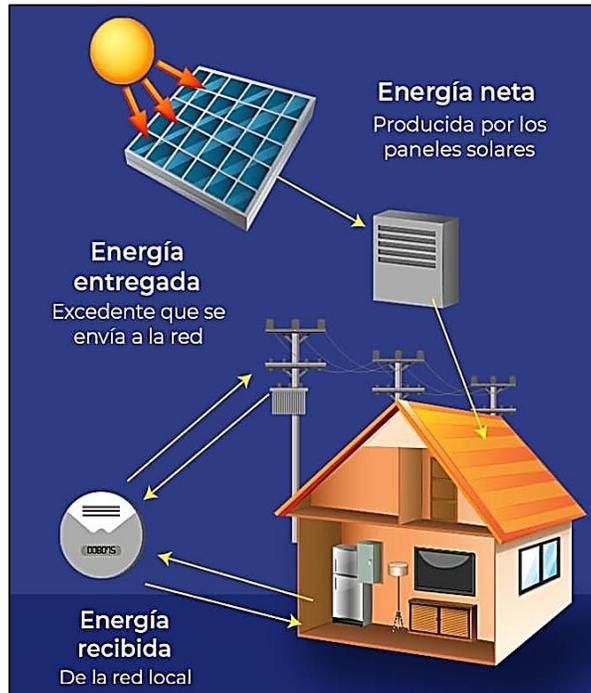
- **Medidor Bidireccional**

Es un dispositivo utilizado en sistemas fotovoltaicos, sistemas de energía eólica u otras fuentes de energía complementarias a la de la red eléctrica local. Pues se encarga de registrar la energía recibida y entregada por separado y en cualquier instante de tiempo.

Como se puede observar en la Figura 7 a medida que el sistema fotovoltaico genera energía se cubre la demanda local. En caso de que la generación exceda las necesidades del cliente, el contador bidireccional registra los excedentes, que se envían a la red. Al calcular la factura eléctrica mensual, si la cantidad de energía recibida supera a la entregada, el cliente abona únicamente la diferencia.

En situaciones en las que el cliente genera más energía de la necesaria y la inyecte a la red, se le otorga un crédito en kWh, el cual se descuenta de futuras facturas.

Figura 7.
Principio de funcionamiento del medidor bidireccional.



Nota. Adaptado de SolarInc, (2023).

4.2.4.7. Protecciones

La definición de protección hace referencia a aquellos dispositivos como los fusibles solares, interruptores termomagnéticos, interruptores diferenciales, protectores contra sobretensiones, que van a proteger los elementos del sistema fotovoltaico, reduciendo riesgos de incendio o destrucción. Los fusibles permiten un flujo continuo de corriente eléctrica hasta alcanzar el valor máximo requerido por el dispositivo conectado.

El interruptor termomagnético es un dispositivo que interrumpe automáticamente el flujo de corriente eléctrica en un circuito para proteger la instalación. Protege el sistema eléctrico al desconectar la corriente cuando supera el valor nominal establecido para dicho dispositivo, garantizando así su seguridad (Aguirre, 2019).

El interruptor diferencial es utilizado en el tramo CA de un sistema fotovoltaico, va a proporcionar protección contra descargas eléctricas en contactos directos e indirectos, y detecta fugas de energía. No debe considerarse como un reemplazo de la instalación de puesta a tierra, ya que ambas cumplen funciones específicas. Según el Código Nacional de Electricidad - Utilización (2006), este dispositivo debe tener sensibilidad adecuada y ser selectivo para coordinarse con dispositivos de corriente residual de alta sensibilidad (30 mA) en el tablero.

Los dispositivos protectores contra sobretensiones se utilizan tanto en el tramo de CC como en el tramo de CA de un sistema fotovoltaico, con el objetivo de prevenir posibles fallos en caso de sobrecarga de energía o sobretensión. Previenen de daños causados por sobretensiones eléctricas, ya sean generadas por fenómenos naturales como rayos o por otras condiciones anómalas en la red eléctrica.

4.2.5. Capacidad energética de la red de distribución en Loja

La Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A es la compañía encargada del abastecimiento energético en la región sur de Ecuador. La Tabla 6 presenta las características de la red de alimentación.

Tabla 6.
Características de la red de distribución de Loja.

Compañía	Tensión nominal	Frecuencia	Conexión del neutro
EERSSA	13.80 kV	60 Hz	Aislado

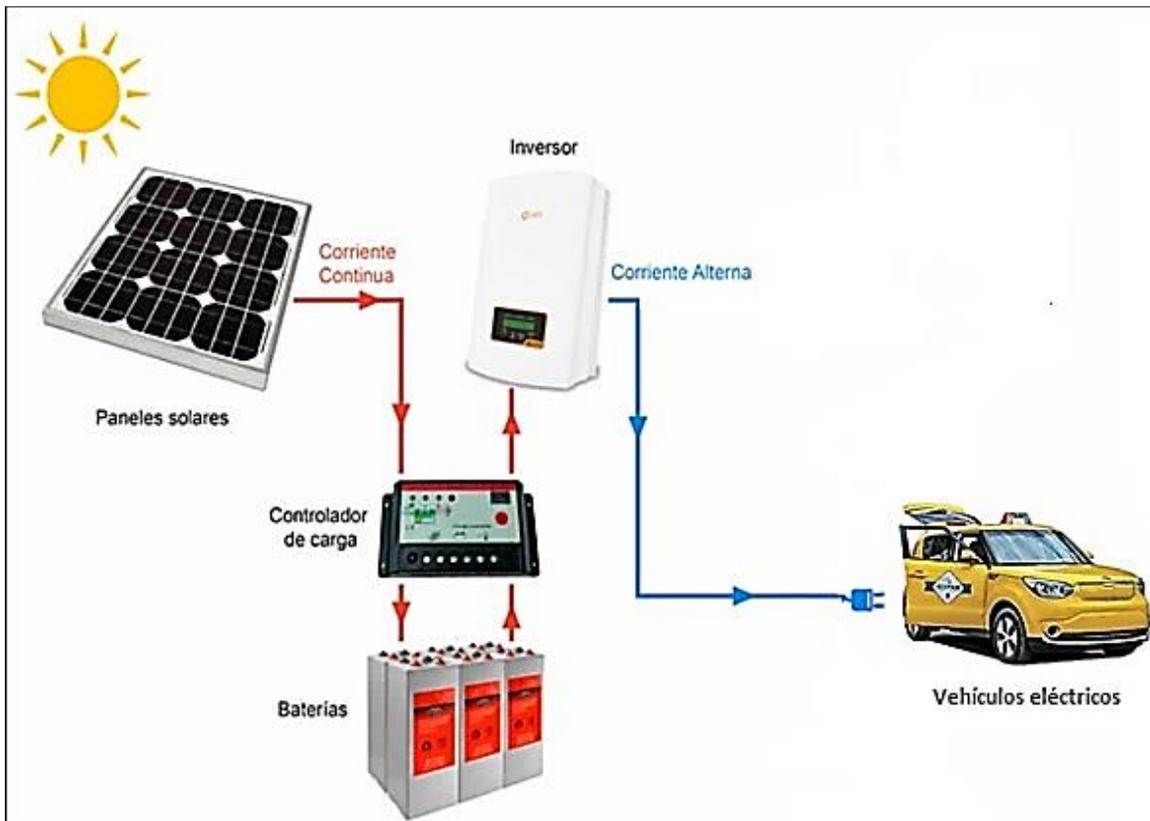
Nota. Adaptado de: Ismael et al., (2021)

4.2.6. Principio de funcionamiento de sistemas fotovoltaicos para cargar vehículos eléctricos

4.2.6.1. Sistema fotovoltaico independiente

El sistema fotovoltaico independiente a través de uno o varios paneles solares genera electricidad en CC, esta energía se transforma por medio de uno o varios inversores en CA y así satisface el consumo energético diario del vehículo eléctrico. Como se puede percibir en la Figura 8 el sistema fotovoltaico al no estar conectado a la red eléctrica emplea un sistema de acumulación energética (baterías) que le ayudan hacer frente a los periodos donde la generación eléctrica es menor al consumo.

Figura 8.
Sistema fotovoltaico independiente para cargar vehículos eléctricos.

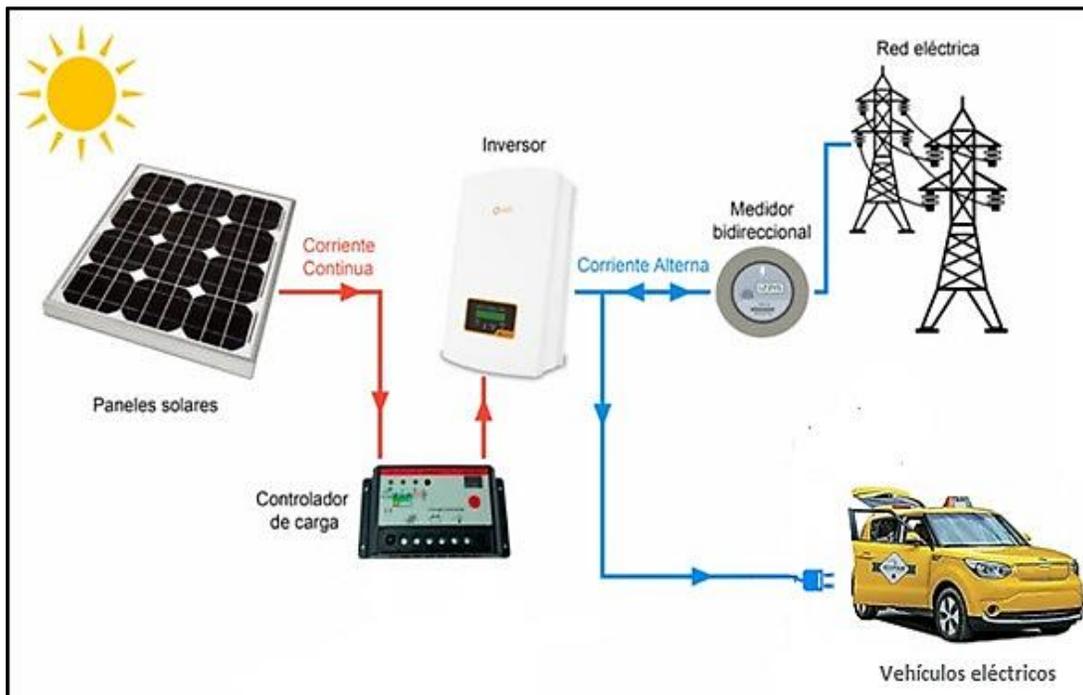


Nota. Elaborado por el autor.

4.2.6.2. Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica

Como se puede observar en la Figura 9. A través de uno o varios paneles solares se genera electricidad en CC la cual se transforma por medio de uno o varios inversores en CA y se inyecta en paralelo con la red eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red permiten a los usuarios cogenerar electricidad o inyectar en paralelo la energía, ya sea para autoconsumo o para el despacho al sistema interconectado (Renova, 2018).

Figura 9.
Sistema fotovoltaico conectado a la red para cargar vehículos eléctricos.



Nota. Si la energía generada por el sistema fotovoltaico es suficiente para el consumo, el inversor la utilizará y cargará el excedente a la red eléctrica. Asimismo, si el consumo es superior a la energía fotovoltaica, el inversor tomará la energía que le falta de la red. (Electrosistemas, 2020).

4.3. Irradiación Solar en la ciudad de Loja

4.3.1. ¿Qué es irradiación solar?

Es la cantidad total de energía radiante que llega a una superficie específica en un tiempo específico (Leonardo et al., 2015). Suele expresarse en kilojulios por metro cuadrado y día ($\text{kJ/m}^2/\text{día}$) o en kilovatiohora por metro cuadrado y día ($\text{kWh/m}^2/\text{día}$). Es en esta última unidad que se representan los mapas, gráficos y tablas de Atlas de radiación solar (Juan Sancho et al., 2012).

La radiación directa hace referencia a la irradiancia que llega a la superficie de manera horizontal y proviene exclusivamente del sol, mientras que la radiación difusa es la irradiancia que cae horizontalmente, pero en este caso proviene de otras partes del cielo debido a procesos de dispersión producidos en la atmósfera. La suma de ambas irradiancias da como resultado la radiación global (Juan Sancho et al., 2012).

4.3.2. Irradiación solar a nivel local

La irradiación producida en la zona ecuatorial alcanza niveles muy elevados, esto debido a su ubicación geográfica ya que, al encontrarse por debajo del desvanecimiento de la capa de ozono, produce que la irradiación solar afecte de una forma mayor. Por medio de diferentes modelos estadísticos, tecnologías aeroespaciales e institutos o corporaciones como el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador) se puede evaluar la irradiación solar actual en el Ecuador, lo cual ha establecido que la sierra ecuatoriana es una de las ciudades más perjudicadas dados la destrucción de la capa de ozono (Orozco Jaramillo & Ordóñez Mendieta, 2019).

Estudios realizados muestran que Ecuador es un área de gran potencial de irradiación solar debido a su ubicación geográfica, donde la irradiación entrante promedio se estima de $4.50 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$. La Tabla 7 resume los valores de irradiación media en cada una de las regiones.

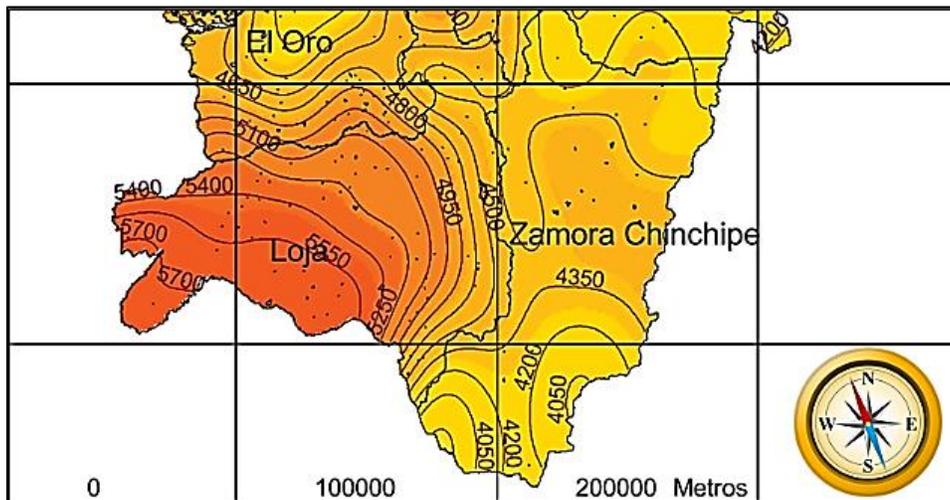
Tabla 7.
Valores de irradiación en las regiones del Ecuador.

Región	Irradiación Media Anual, kWh/m ² /día
Costa	3.60 – 4.80
Sierra	4.20 – 5.70
Oriente	3.0 – 4.80
Galápagos	4.80 – 6.30

Nota. Adaptado de: Diego Vaca & Freddy Ordoñez, (2019).

Los valores máximos de irradiación global bajo condiciones de cielo claro se encuentran al Este de la provincia de Loja y en otras zonas con valores altos de elevación del terreno sobre el nivel del mar, mientras que los mínimos aparecen en las zonas más bajas, fundamentalmente hacia el Oeste de la provincia, en la Figura 10 se puede observar las zonas con mayor insolación en la provincia de Loja y, por tanto, con mayor potencial para generación fotovoltaica. También es de gran importancia conocer que los meses de octubre y marzo se presentan los valores más elevados de irradiación global, mientras que junio es el mes que recibe menor cantidad de irradiación global (Álvarez Hernández et al., 2018).

Figura 10.
Índice de irradiación solar (Wh/m²/día) de la provincia de Loja.



Nota. Adaptado de: CONELEC, (2008).

5. Metodología

En el presente apartado se va a detallar los materiales usados y el procedimiento realizado para cumplir con cada uno de los objetivos propuestos, los mismos que están enfocados en la elaboración de varios diseños fotovoltaicos autónomos y conectados a la red eléctrica para abastecer de energía a vehículos (taxis) eléctricos particulares y de estaciones de carga en la ciudad de Loja. Cabe mencionar que en esta localidad principalmente tenemos dos tipos de vehículos eléctricos que otorgan a la ciudadanía un servicio de taxi. Además, existe una única electrolinera que abastece solo a vehículos de la marca BYD. Con todo esto vamos a elaborar diseños para el vehículo de marca BYD enfocado principalmente al uso particular, otros para el vehículo de la marca Kia Sould igualmente enfocado para uso particular y para vehículos de la marca BYD enfocado para uso público o de electrolinera.

5.1. Materiales

En el proceso de desarrollo del presente trabajo investigativo se hizo necesario la utilización de los siguientes materiales:

- Encuestas
- Geoportal Eléctrico (ArcGIS)
- *Google Earth*
- *Meteoronorm*
- PVsyst
- AutoCAD

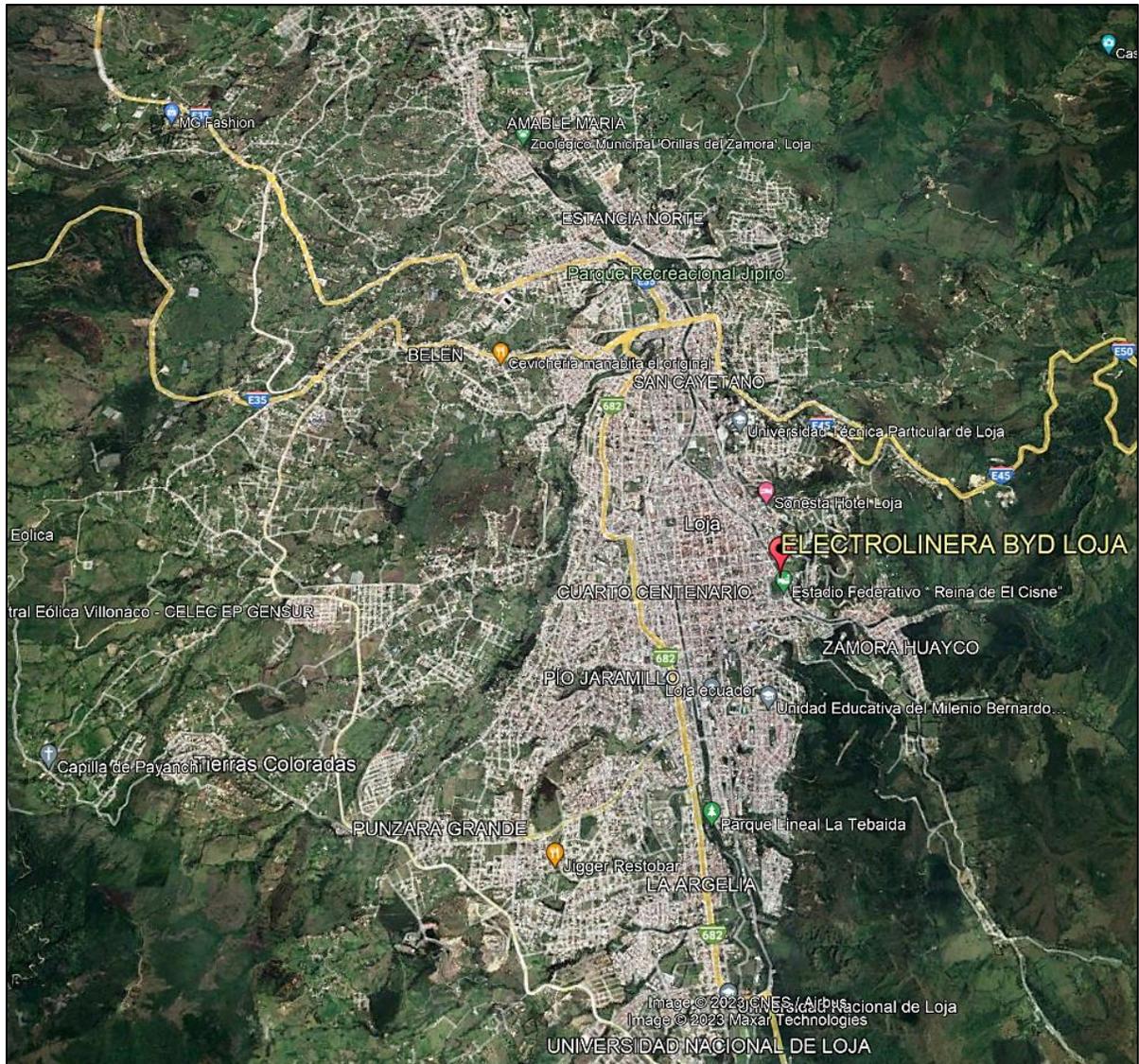
5.2. Descripción del área de estudio

El área de estudio es de gran importancia al momento de simular nuestros sistemas fotovoltaicos en la plataforma de PVsyst. Como se pretende socializar con instituciones encargadas, la propuesta de una posible implementación a futuro se toma con fines explicativos la ciudad de Loja o también denominada zona 7, la misma que se encuentra al Sur del Ecuador.

Como se logra apreciar en la Figura 11 dentro de la ciudad de Loja se consideró como punto estratégico la ubicación exacta de la electrolinera situada cerca del estadio reina del Cisne, la misma que sirve para cargar o abastecer de energía a los vehículos eléctricos BYD e5 que prestan

servicio de taxi. Esta electrolinera se encuentra a una Latitud de 4.000157, Longitud de 79.196230 y elevación de 2 074 m. Además, se recomienda de ser necesario elegir cualquier otro punto de la ciudad, teniendo en cuenta que esta área debe contar con luz solar y acceso a puntos de la red eléctrica doméstica.

Figura 11.
Ubicación de la electrolinera BYD en la ciudad de Loja.



Nota. Elaborado por el autor.

5.3. Estructura de encuesta para determinar el consumo energético real de los vehículos eléctricos en la ciudad de Loja

Para establecer el consumo energético diario, mensual y anual de los vehículos (taxis) eléctricos de la ciudad de Loja, se plantea llevar a cabo una encuesta dirigida a cada uno de los propietarios, en esta se recopila información sobre el comportamiento de carga y uso de la batería, el rendimiento del vehículo y las preferencias del propietario. Dentro de esta encuesta se establecieron las siguientes preguntas:

- *¿Qué tipo de vehículo eléctrico usa en su trabajo?*
- *¿Qué tiempo ha sido propietario de su vehículo eléctrico?*
- *¿Cuál es el kilometraje de su vehículo eléctrico?*
- *¿Cuántos kilómetros en promedio al día recorre en su vehículo eléctrico?*
- *¿Con qué frecuencia carga su vehículo eléctrico?*
- *¿Qué tipo de carga utiliza con más frecuencia en su vehículo eléctrico?*
- *¿Dependiendo del tipo de carga utilizada, qué tiempo se demora en cargar al 100% su vehículo eléctrico?*
- *¿Cuánto gasta diariamente en cargar su vehículo eléctrico?*
- *¿Ha notado alguna disminución en la autonomía de su vehículo eléctrico desde su adquisición?*
- *¿Ha experimentado algún problema con la batería de su vehículo eléctrico desde que lo adquirió?*
- *¿Existe en la ciudad de Loja algún taller o servicio especializado en vehículos eléctricos?*
- *¿Ha realizado una prueba de capacidad de batería de su vehículo eléctrico?*
- *¿Ha realizado y en donde algún mantenimiento en la batería de su vehículo eléctrico?*
- *¿Cuál ha sido el costo total de mantenimiento de su vehículo eléctrico?*
- *¿Cree usted que ha recuperado la inversión?*
- *¿Qué tiempo planea seguir utilizando su vehículo eléctrico?*
- *¿Cuál es su experiencia con vehículos eléctricos?*
- *¿Recomendaría la compra de un vehículo eléctrico?*
- *¿Regresaría a un vehículo de gasolina?*

5.4. Irradiación Global Horizontal (IGH) para la ciudad de Loja

Es fundamental llevar a cabo un análisis del recurso solar en la ubicación prevista para el diseño de un proyecto fotovoltaico. Esto permitirá evaluar el potencial de generación de energía eléctrica disponible en dicha área. Esta evaluación se lleva a cabo mediante un promedio de Irradiación Global Horizontal (IGH) utilizando diversas bases de datos que suministran información sobre este aspecto:

- NASA
- *Meteoronorm*
- Atlas Solar del Ecuador
- NREL – NSRDB 2013 – 2017
- Mapa solar del Ecuador 2019

Estas fuentes permiten realizar análisis detallados de la variabilidad estacional y diaria de la irradiación solar, así como identificar posibles sombras o impedimentos que puedan afectar la eficiencia del sistema fotovoltaico. Además, la combinación de estas bases de datos ofrece una visión integral y precisa del recurso solar en la ubicación del proyecto, permitiendo una toma de decisiones informada durante todas las etapas del desarrollo, desde la planificación inicial hasta la operación a largo plazo del sistema fotovoltaico. Este enfoque basado en datos respalda la eficiencia y la rentabilidad del proyecto, asegurando una generación sostenible de energía eléctrica a lo largo de su vida útil.

5.5. Ángulo de inclinación de los paneles solares

Una de las primeras cosas a considerar al determinar el ángulo de inclinación ideal para los paneles solares es saber en qué época del año se utilizará la mayor cantidad de energía. Cuando se utilizan sistemas solares con regularidad, es deseable optimizar el ángulo de inclinación de los paneles para que produzcan energía de manera uniforme durante todo el año. En Ecuador, el ángulo de inclinación ideal es solo de 10° a 15°.

Como sugerencia se puede aplicar la siguiente ecuación y obtener un valor de referencia para un ángulo de inclinación óptimo de paneles solares:

$$\beta_{opt} = |\phi| + 10^\circ \quad (1)$$

Donde:

$|\phi|$: Latitud de emplazamiento o ubicación

5.6. Horas Solar Pico (HSP)

HSP hace referencia a la cantidad de energía que se recibe en horas por una superficie de metro cuadrado. Además, es una unidad que se usa con frecuencia en la realización de cálculos fotovoltaicos. Este tipo de energía va a depender del lugar donde se la calcule, pues mientras se lo haga más cerca del Ecuador mayor será la misma.

El cálculo de las HSP será realizado mediante la siguiente ecuación:

$$HSP = \frac{R_d}{\frac{1kW}{m^2}} \quad (2)$$

Donde:

R_d : Irradiación del peor mes (kWh/m²)

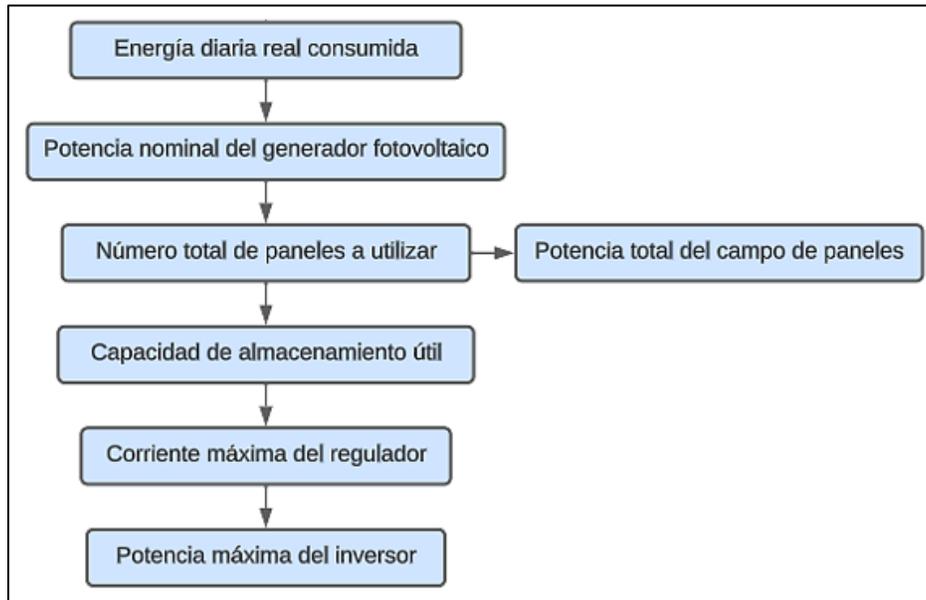
5.7. Ecuaciones de los diferentes modelos propuestos para el dimensionamiento matemático.

Para dar cumplimiento al segundo objetivo de dimensionar técnicamente prototipos de sistemas fotovoltaicos híbridos, con conexión a la red y almacenamiento, que cubran el consumo de vehículos eléctricos, se ha optado por la utilización de algunos modelos los cuales serán presentados a continuación:

5.7.1. Primer modelo

El primer modelo propuesto es de Bayod en el libro de “Sistemas Fotovoltaicos”, mismo que trata acerca del mes más desfavorable. Para comprender la estructura y el flujo de información del proceso de dimensionamiento se presenta en la Figura 12 un diagrama de bloques que mejora la apreciación de interconexión entre las distintas variables y ecuaciones.

Figura 12.
Proceso de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos del primer modelo.



Nota. Elaborado por el autor.

- **Potencia nominal del generador fotovoltaico (kWp):**

$$P_{nom,g} = \frac{E_c}{R_d} \quad (3)$$

Donde:

E_c : Energía diaria real consumida (kWh)

R_d : Irradiación del peor mes (kWh/m²)

- **Número total de paneles:**

$$NP_{tot} = 1.1 \times \frac{P_{nom,g}}{P_p} \quad (4)$$

Donde:

$P_{nom,g}$: Potencia nominal del generador fotovoltaico (kWp)

P_p : Potencia del panel elegido (Wp)

- **Potencia total del campo de paneles (kWp):**

$$P_{totCP} = NP_{tot} \times P_p \quad (5)$$

Donde:

NP_{tot} : Número total de paneles

P_p : Potencia del panel elegido (Wp)

- **Tensión del sistema (V):**

$$V = 48 \text{ V}$$

Este valor es elegido en función de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico. Además, se lo utiliza para aquellos sistemas fotovoltaicos cuya demanda sea ≥ 3 kWp.

- **Capacidad de almacenamiento útil (Ah):**

$$CB_{\text{útil}} = \frac{110 \times E_c \times D}{V \times M_{pd}} \quad (6)$$

Donde:

E_c : Energía diaria real consumida (kWh)

D : Días de autonomía

V : Tensión del sistema (V)

M_{pd} : Profundidad de descarga máxima (80% al 90%)

- **Corriente máxima del regulador (A):**

$$I_{max} \geq 1.25 \times I_{cc} \times NP_p \quad (7)$$

Donde:

I_{cc} : Corriente de corto circuito del panel elegido

NP_p : Número de paneles en paralelo

- **Potencia máxima del inversor (kW):**

$$P_{inv} = 1.2 \times P_{nom,gen} \quad (8)$$

Donde:

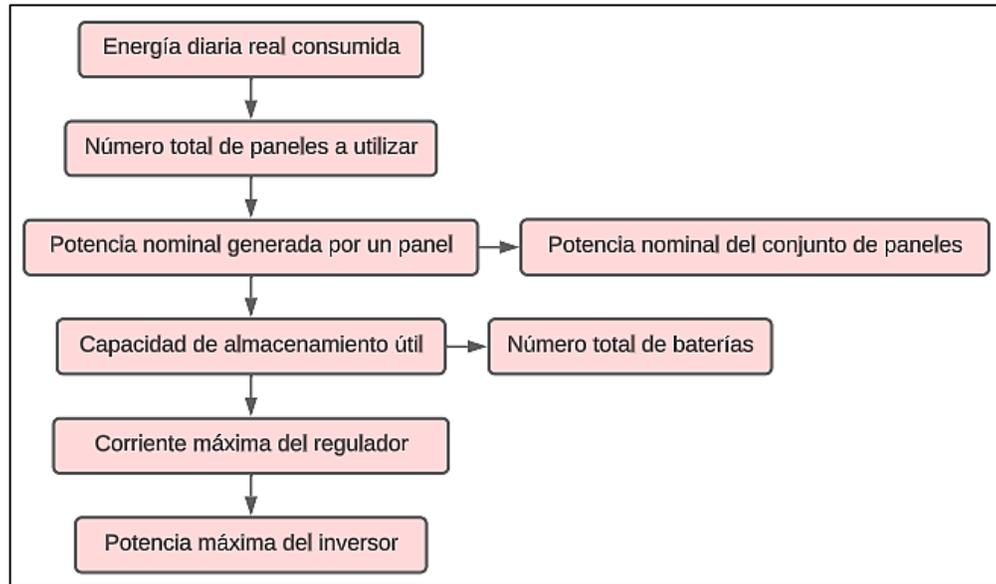
$P_{nom,gen}$: Potencia nominal del generador fotovoltaico (kW)

5.7.2. Segundo modelo

Este modelo propuesto por Casa y Rodríguez en el proyecto de titulación “*Diseño de un prototipo de electrolinera para la recarga de vehículos eléctricos usando energía fotovoltaica*”, propone el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico que funcione durante un intervalo de

horas. En la Figura 13 se presenta la manera en que las diversas variables y ecuaciones están conectadas y se relacionan entre sí en términos de su estructura y proceso de interconexión.

Figura 13.
Proceso de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos del segundo modelo.



Nota. Elaborado por el autor.

- **Energía diaria real consumida (kWh):**

$$E_c = \frac{E \times 1\,000}{h} \quad (9)$$

Donde:

E : Consumo de energía (kWh)

h : Promedio diario de tiempo de sol (horas)

- **Número total de paneles:**

$$NP_{tot} = \frac{E_c}{0,9 \times P_p \times HSP} \quad (10)$$

Donde:

E_c : Energía real consumida (kWh)

P_p : Potencia del panel elegido (Wp)

HSP : Horas solar pico (horas)

- **Potencia generada por cada panel (kWp):**

$$P_m = I_m \times V_m \times HSP \times 0,9 \quad (11)$$

Donde:

I_m : Corriente máxima del panel solar elegido (A)

V_m : Voltaje máximo del panel solar elegido (V)

HSP : Horas solar pico (horas)

Coefficiente de rendimiento del panel (valores 0.80 a 0.90)

- **Potencia nominal del generador fotovoltaico (kWp):**

$$P_{nom,g} = P_m \times NP_{tot} \quad (12)$$

Donde:

P_m : Potencia generada por cada panel (kWp)

NP_{tot} : Número total de paneles

- **Capacidad de almacenamiento útil (Ah):**

$$CB_{\acute{u}til} = \frac{I_d \times N}{M_{pd}} \quad (13)$$

Donde:

I_d : Corriente del sistema (A)

N : Número de días de autonomía

M_{pd} : Profundidad de descarga máxima (80% al 90%)

Además:

$$I_d = \frac{E_c}{V} \quad (14)$$

Donde:

E_c : Energía diaria real consumida (kWh)

V : Tensión del sistema (V)

- **Número total de baterías:**

$$NB_{tot} = \frac{CB_{\acute{u}til}}{CB_{slc}} \quad (15)$$

Donde:

$CB_{\acute{u}til}$: Capacidad de almacenamiento útil (Ah)

CB_{slc} : Capacidad de almacenamiento de batería seleccionada (Ah)

- **Corriente máxima del regulador (A):**

$$I_{max} = I_{cc} \times NP_p \quad (16)$$

Donde:

I_{cc} : Corriente de corto circuito del panel elegido (A)

NP_p : Número de paneles en paralelo

- **Potencia de inversor (kW):**

$$P_{inv} = 1.2 \times P_a \quad (17)$$

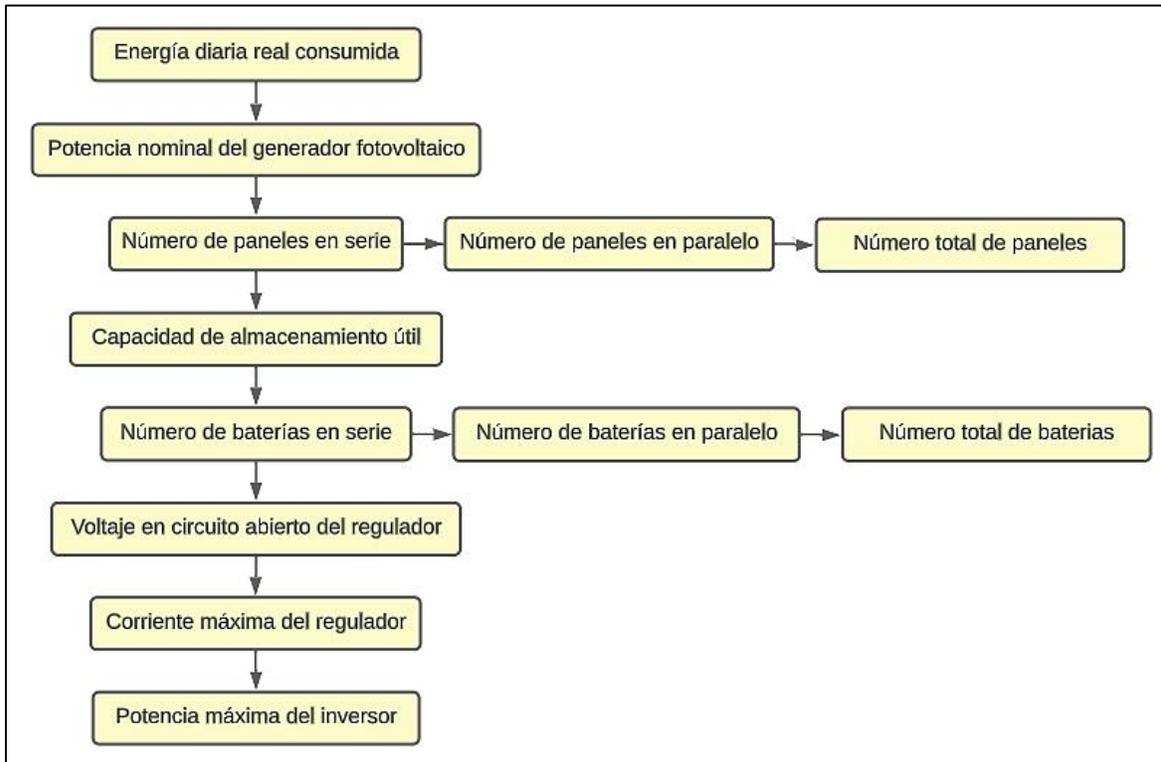
Donde:

P_a : Potencia del cargador interno del automóvil (kW)

5.7.3. Tercer modelo

El tercer modelo esta propuesto por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables como metodología de diseño y presentación de proyectos para electrificaciones rurales con sistemas fotovoltaicos aislados. La Figura 14 expresa la secuencia y pasos a seguir en el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos de este modelo mediante un diagrama de bloques.

Figura 14.
Proceso de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos del tercer modelo.



Nota. Elaborado por el autor.

- **Potencia nominal del generador fotovoltaico (kWp):**

$$P_{nom,gen} = \frac{E_c}{HSP \times P_r} \quad (18)$$

Donde:

E_c : Energía diaria real consumida (kWh)

HSP : Horas solar pico

P_r : Factor global de pérdidas por dispersión (0.8 a 0.9)

- **Número de paneles en serie:**

$$NP_s = \frac{V}{V_p} \quad (19)$$

Donde:

V : Tensión del sistema (V)

V_p : Tensión del panel elegido (V)

- **Número de paneles en paralelo:**

$$NP_p = \frac{P_{nom,gen}}{NP_s \times P_p} \quad (20)$$

Donde:

$P_{nom,gen}$: Potencia nominal del generador fotovoltaico (kWp)

NP_s : Número de paneles en serie

P_p : Potencia del panel elegido (Wp)

- **Número total de paneles:**

$$NP_{tot} = NP_s \times NP_p \quad (21)$$

Donde:

NP_s : Número de paneles en serie

NP_p : Número de paneles en paralelo

- **Capacidad de almacenamiento útil (Ah):**

$$CB_{\acute{u}til} = \frac{E_c \times N}{V \times M_{pd}} \quad (22)$$

Donde:

E_c : Energía diaria real consumida(kWh)

N : Número de días de autonomía

V : Tensión del sistema (V)

M_{pd} : Profundidad de descarga máxima (80%)

- **Número de baterías en serie:**

$$NB_s = \frac{V}{V_b} \quad (23)$$

Donde:

V : Tensión del sistema (V)

V_b : Tensión de vaso de la batería elegida (V)

- **Número de baterías en paralelo:**

$$NB_p = \frac{CB_{\acute{u}til}}{CB_{bat}} \quad (24)$$

Donde:

$CB_{\acute{u}til}$: Capacidad de almacenamiento útil (Ah)

CB_{bat} : Capacidad de almacenamiento de la batería elegida (Ah)

- **Número total de baterías:**

$$NB_{tot} = NB_s \times NB_p \quad (25)$$

Donde:

NB_s : Número de baterías en serie

NB_p : Número de baterías en paralelo

- **Voltaje en circuito abierto del regulador (V):**

$$VOC_{reg} \geq VOC_p \times NP_s \quad (26)$$

Donde:

VOC_p : Voltaje en circuito abierto del panel elegido (V)

NP_s : Número de paneles en serie

- **Corriente máxima del regulador (A):**

$$I_{max} = 1.25 \times I_{cc} \times NP_p \quad (27)$$

Donde:

I_{cc} : Corriente de corto circuito del panel elegido (A)

NP_p : Número de paneles en paralelo

- **Potencia máxima de inversor (kW):**

$$P_{inv} = 1.2 \times P_{nom,gen} \quad (28)$$

Donde:

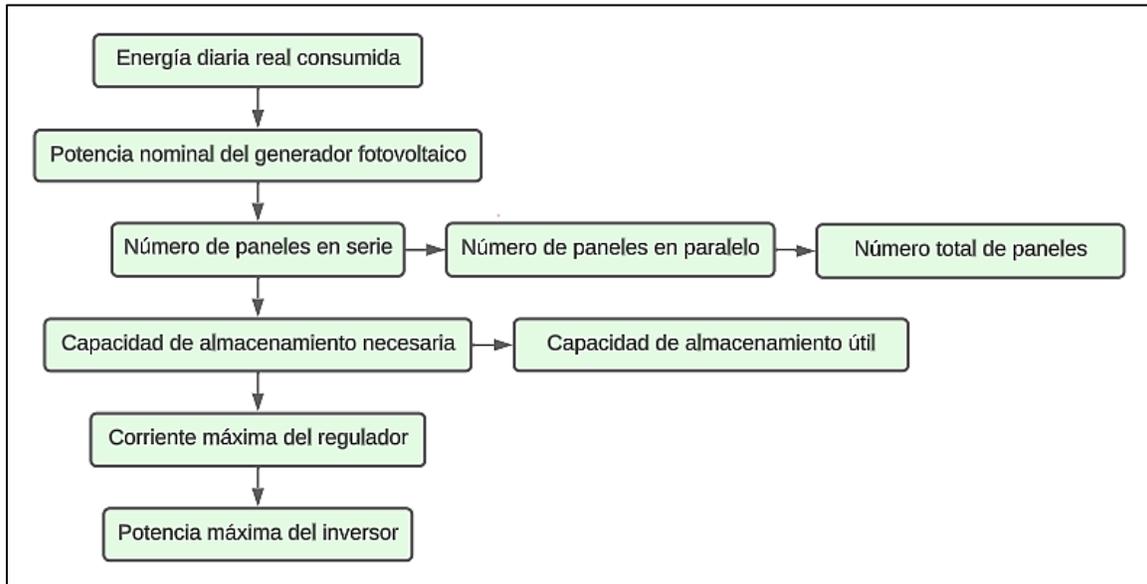
$P_{nom,gen}$: Potencia nominal del generador fotovoltaico (W)

5.7.4. Cuarto modelo

Este último modelo propuesto por “Construcciones autónomas” plantea el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos basados en el criterio del peor mes con el objetivo de garantizar un suministro energético en las condiciones más desfavorables. Para ilustrar este modelo

se presenta un diagrama de bloques en la Figura 15, donde se destaca el desenlace de las principales etapas involucradas en el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos.

Figura 15.
Proceso de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos del cuarto modelo.



Nota. Elaborado por el autor.

- **Potencia nominal del generador fotovoltaico (Wp):**

$$P_{nom,g} = \frac{F_{sg} \times E_c}{\frac{G_{dm}}{I_{stc}}} \quad (29)$$

Donde:

F_{sg} : Factor de seguridad del generador fotovoltaico (1.1 a 1.3)

E_c : Energía diaria real consumida (kWh)

G_{dm} : Irradiación del peor mes (kWh/m²)

I_{stc} : Irradiancia en condiciones estándar de medida (1000 W/m²)

- **Número de paneles en serie:**

$$NP_s = 4 \text{ (para tensión del sistema de 48 V)}$$

- **Numero de paneles en paralelo:**

$$NP_p = \frac{P_{nom,g}}{NP_s \times P_p} \quad (30)$$

Donde:

$P_{nom,g}$: Potencia nominal del generador fotovoltaico (Wp)

NP_s : Número de paneles en serie

P_p : Potencia del panel elegido (Wp)

- **Número total de paneles**

$$NP_{tot} = NP_s \times NP_p \quad (31)$$

Donde:

NP_s : Número de paneles en serie

NP_p : Número de paneles en paralelo

- **Potencia nominal total del generador (Wp):**

$$P_{nom,tot,g} = NP_s \times NP_p \times P_p \quad (32)$$

Donde:

NP_s : Número de paneles en serie

NP_p : Número de paneles en paralelo

P_p : Potencia del panel elegido (Wp)

- **Capacidad de almacenamiento necesaria (kWh):**

$$CB_{ncs} = E_c \times F_{sb} \quad (33)$$

Donde:

E_c : Energía diaria real consumida (kWh)

F_{sb} : Factor de seguridad de batería (3 a 7)

- **Capacidad de almacenamiento útil (Ah):**

$$CB_{\acute{u}til} = \frac{CB_{ncs}}{V_{nom,bat}} \quad (34)$$

Donde:

CB_{ncs} : Capacidad de almacenamiento necesaria (Wh)

$V_{nom,bat}$: Voltaje nominal de la batería (Tensión del sistema = 48 V)

- **Corriente máxima del regulador (A):**

$$I_{max} = I_{cc} \times NP_p \quad (35)$$

Donde:

I_{cc} : Corriente de corto circuito del panel elegido (A)

NP_p : Número de paneles en paralelo

- **Potencia máxima del inversor (kW):**

$$P_{max} > 1.2 \times P_{nom,g} \quad (36)$$

Donde:

$P_{nom,g}$: Potencia nominal del generador (Wp)

5.7.5. Comparación de los diferentes modelos

A continuación, se presenta la Tabla 8 que es comparativa ya que detalla las características clave de los cuatro modelos de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos. Cada modelo está representado por una fila, y las columnas indican si la característica correspondiente está presente (Si) o ausente (No). Esta tabla proporciona una visión rápida de las capacidades y especificaciones de cada modelo en términos de consumo de energía, capacidad de generación y almacenamiento.

Tabla 8.

Comparativa de resultados de los 4 modelos de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos.

Parámetros	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Energía diaria real consumida (kWh)	Sí	Sí	Sí	Sí
Número de paneles en serie	No	No	Sí	Sí
Número de paneles en paralelo	No	No	Sí	Sí
Número total de paneles	Sí	Sí	Sí	Sí
Potencia nominal del generador fotovoltaico (kWp)	Sí	Sí	Sí	Sí
Tensión del sistema (V)	Sí	Sí	Sí	Sí
Corriente del sistema (A)	No	Sí	No	No
Número de baterías en serie	No	No	Sí	No
Número de baterías en paralelo	No	No	Sí	No
Número total de baterías	No	Sí	Sí	No
Capacidad de almacenamiento necesaria (kWh)	No	No	No	Sí
Capacidad de almacenamiento útil (Ah)	Sí	Sí	Sí	Sí
Voltaje de circuito abierto del regulador (V)	No	No	Sí	No
Corriente máxima del regulador (A)	No	Sí	Si	Sí

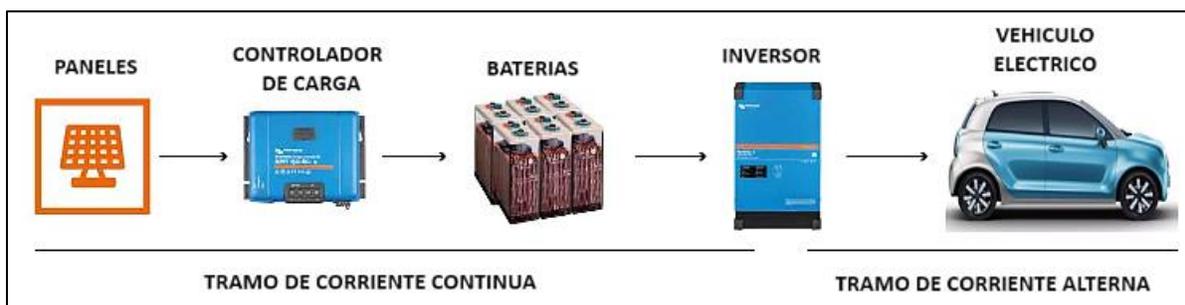
Potencia máxima del inversor (kW)	Sí	Sí	Sí	Sí
-----------------------------------	----	----	----	----

Nota. Elaborado por el autor

5.8. Dimensionamiento de Cableado y Protecciones

Para identificar las propiedades adecuadas en el cableado y los dispositivos de protección, debemos tener claro que todo sistema fotovoltaico ya sea independiente o conectado a la red, estará compuesto por dos segmentos: uno de corriente continua y otro de corriente alterna. Como se puede observar en la Figura 16 el tramo de corriente continua abarca la sección de la instalación eléctrica que se extiende desde los paneles fotovoltaicos hasta el inversor, y el de corriente alterna fluye desde el tramo inversor hacia la carga.

Figura 16.
Tramos de un sistema fotovoltaico.



Nota. Elaborado por el autor.

5.8.1. Dimensionamiento de Cableado

5.8.1.1. Cableado para un sistema fotovoltaico independiente

Para llevar a cabo una adecuada planificación de dimensiones, es esencial comprender que las pérdidas de energía en cables eléctricos son notables en corriente continua, especialmente cuando la tensión es baja. Además, resulta crucial ubicar los paneles cerca del controlador de carga o inversores, así como operar con el voltaje y la corriente máximos que estos componentes puedan gestionar. Esto contribuye a mejorar la eficiencia de conversión y a reducir las pérdidas asociadas a la resistencia óhmica.

Para calcular la sección del conductor (mm^2) en cada tramo del sistema fotovoltaico se usó la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 \times \rho \times L \times I}{\Delta V} \quad (37)$$

Donde:

ρ : Resistividad del material ($\rho_{Cobre \text{ a } 75^\circ C} = 0.022 \Omega mm^2 / m$)

L : Largo del cable (m)

I : Corriente (A)

ΔV : Caída de tensión (V)

- **Voltaje (V) y corriente (A) máximos entre paneles – controlador de carga**

Para el cálculo del voltaje y la corriente máximos entre los paneles y el controlador de carga se hace uso de las siguientes ecuaciones respectivamente:

$$V_{max(P-C)} = V_{mp} \times NP_s \quad (38)$$

Donde:

V_{mp} : Voltaje de máxima potencia del panel elegido (A)

NP_s : Número de paneles en serie

$$I_{max(P-C)} = I_{mp} \times NP_p \quad (39)$$

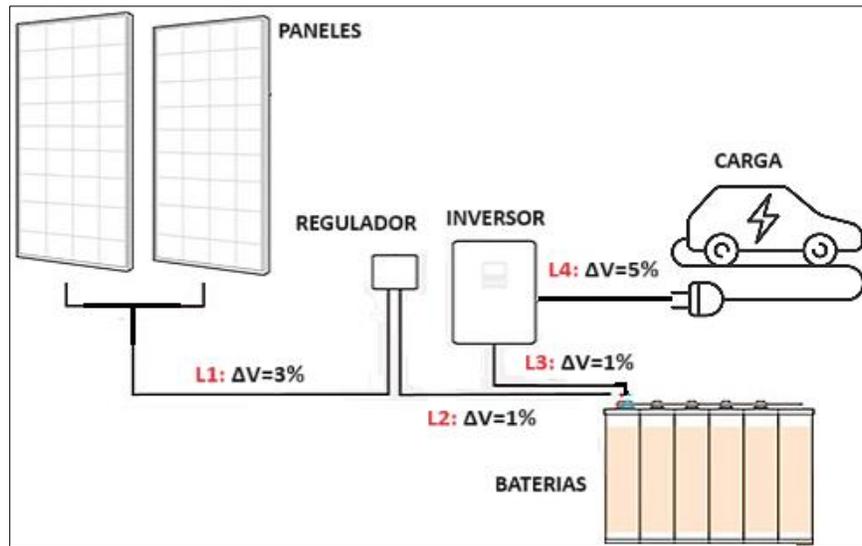
Donde:

I_{mp} : Corriente de máxima potencia del panel elegido (A)

NP_p : Número de paneles en paralelo

Según Martínez, (2022) considerando los datos de la instalación, en ningún escenario se precisarán más de 28 metros de cable para una rama de 12 paneles en serie. Así mismo se consideran los porcentajes de máxima caída de tensión presentado en la Figura 17 para cada uno de los tramos del sistema fotovoltaico independiente.

Figura 17.
Caídas de tensión máximas permitidas para sistema fotovoltaico independiente.



Nota. Elaborado por el autor.

- **Voltaje (V) y corriente (A) máximos entre controlador de carga – baterías**

Para el cálculo del voltaje y la corriente máximos entre el controlador de carga y las baterías se hace uso de las siguientes ecuaciones respectivamente:

$$V_{max(R-B)} = V_b \quad (40)$$

Donde:

V_b : Tensión total de las baterías = Tensión del sistema = 48 V

$$I_{max(R-B)} = \frac{NP_{tot} \times P_p}{V_b \times 1.15} \quad (41)$$

Donde:

NP_{tot} : Número total de paneles

P_p : Potencia del panel elegido (Wp)

V_b : Tensión total de las baterías = Tensión del sistema

- **Voltaje (V) y corriente (A) máximos entre baterías – inversor**

Para el cálculo del voltaje y la corriente máximos entre las baterías y el inversor se hace uso de las siguientes ecuaciones respectivamente:

$$V_{max(B-I)} = V_b \quad (42)$$

Donde:

V_b : Tensión total de las baterías = Tensión del sistema = 48 V

$$I_{max(B-I)} = \frac{P_{inv,elg}}{V} \quad (43)$$

Donde:

$P_{inv,elg}$: Potencia de inversor elegido (W)

V : Tensión del sistema (V)

- **Voltaje (V) y corriente (A) máxima entre inversor – tablero de distribución**

Para el cálculo del voltaje y la corriente máximos entre el inversor y el tablero de distribución se hace uso de las siguientes ecuaciones respectivamente:

$$V_{max(I-T)} = VCA \quad (44)$$

Donde:

VCA : Voltaje en corriente alterna (110 V o 220 V)

$$I_{max(I-T)} = \frac{P_{inv,elg}}{VCA} \quad (45)$$

Donde:

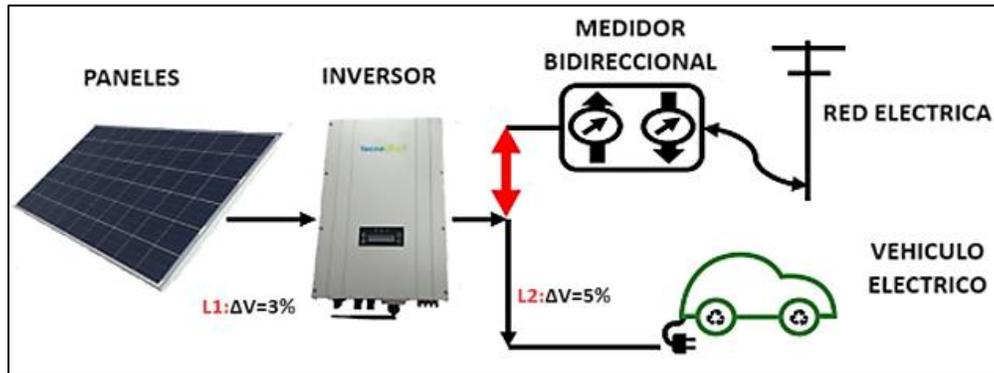
$P_{inv,elg}$: Potencia de inversor elegido

VCA : Voltaje en corriente alterna (V)

5.8.1.2. Cableado para sistema fotovoltaico conectado a la red

Dado que este sistema fotovoltaico opera en conjunto con la red eléctrica pública, prescinde de la necesidad de utilizar baterías y reguladores de carga, lo que resulta en una reducción en las secciones de cableado entre los distintos equipos. Al realizar una planificación adecuada, es esencial considerar que los cables de conexión deben tener la capacidad de soportar una corriente hasta un 25% superior a la corriente máxima del generador, con el objetivo de evitar que la caída de tensión entre el generador y el punto de conexión a la Red de Distribución Pública no supere el 1,5%. En la Figura 18 se presentan las máximas caídas de tensión para cada uno de los tramos del sistema fotovoltaico conectado a la red.

Figura 18.
Caídas de tensión máximas permitidas para sistema fotovoltaico conectado a la red.



Nota. Elaborado por el autor.

- **Voltaje (V) y corriente (A) máxima entre paneles – inversor**

Para calcular el voltaje y la corriente máximos entre los paneles y el inversor se hace uso de las ecuaciones (38) y (39) respectivamente.

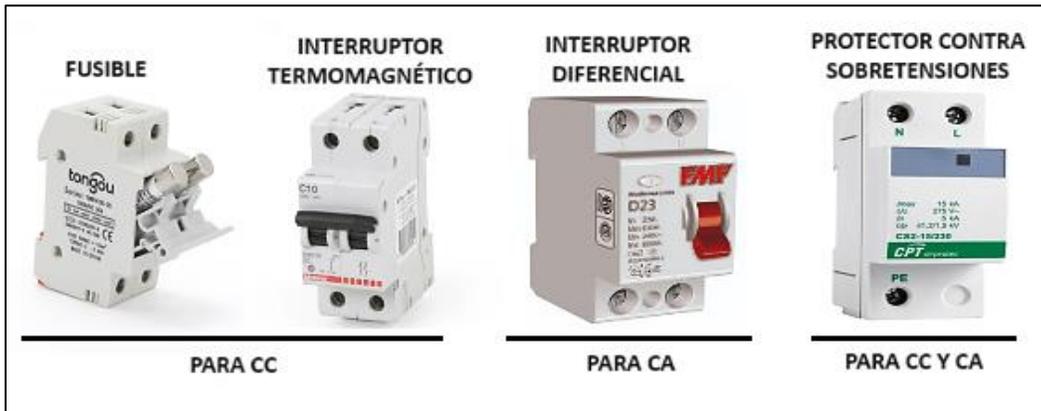
- **Voltaje (V) y corriente (A) máxima entre inversor – tablero de distribución**

Para calcular el voltaje y la corriente máximos entre el inversor y el tablero de distribución se hace uso de las ecuaciones (44) y (45) respectivamente.

5.8.2. Protecciones

Como se evidencia en la Figura 19, los componentes fundamentales de protección en un sistema fotovoltaico incluyen dispositivos como fusibles o interruptores termomagnéticos, interruptores diferenciales y protectores contra sobretensiones, diseñados para operar bien en corriente continua (CC) o en corriente alterna (CA). Estos desempeñan funciones cruciales como salvaguardias al identificar cortocircuitos y condiciones de sobretensión.

Figura 19.
Principales elementos de protección de un sistema fotovoltaico.



Nota. Elaborado por el autor.

5.8.2.1. Protecciones para sistema fotovoltaico independiente.

- **Corriente del fusible entre los paneles – controlador de carga (A)**

Para determinar la corriente de los fusibles entre los paneles y el controlador de carga se hace uso de la ecuación (39).

- **Corriente del fusible entre controlador de carga – baterías (A)**

Para determinar la corriente de los fusibles entre el controlador de carga y las baterías se hace uso de la ecuación (41).

- **Corriente del fusible entre las baterías – inversor (A)**

Para determinar la corriente del fusible entre las baterías y el inversor se hace uso de la ecuación (43).

- **Corriente del interruptor termomagnético entre el inversor – tablero de distribución (A)**

Para determinar la corriente del interruptor termomagnético entre el inversor y el tablero de distribución se hace uso de la ecuación (45).

- **Corriente del interruptor diferencial entre el interruptor termomagnético y la carga (A)**

Para determinar la corriente del interruptor diferencial entre el interruptor termomagnético y la carga se hace uso de la siguiente ecuación:

$$I_{int,dif} > I_{max(I-T)} \quad (45)$$

Donde:

$I_{max(I-T)}$: Corriente máxima entre inversor y tablero de distribución (A)

- **Voltaje de protector contra sobretensión en CC (V)**

Para determinar el voltaje del protector contra sobretensión en CC se hace uso de la siguiente ecuación:

$$V_{sbt,CC} > V_{max(P-C)} \quad (46)$$

Donde:

$V_{max(P-C)}$: Voltaje máximo entre paneles y controlador de carga

- **Voltaje de protector contra sobretensión en CA (V)**

Para determinar el voltaje del protector contra sobretensión en CA se hace uso de la siguiente ecuación:

$$V_{sbt,CA} > V_{CA} \quad (47)$$

Donde:

V_{CA} : Voltaje en corriente alterna (V)

5.8.2.2. Protecciones para sistema fotovoltaico conectado a la red

- **Corriente del fusible entre los paneles – inversor (A)**

Para determinar la corriente del fusible entre los paneles y el inversor se hace uso de la ecuación (39)

- **Corriente del interruptor termomagnético entre el inversor – tablero de distribución (A)**

Para determinar la corriente del fusible entre los paneles y el inversor se hace uso de la ecuación (45)

- **Corriente del interruptor diferencial entre el interruptor termomagnético y la carga (A)**

Para determinar la corriente del interruptor diferencial entre el interruptor termomagnético y la carga se hace uso de la ecuación (45)

- **Voltaje de protector contra sobretensión en CC (V)**

Para determinar el voltaje del protector contra sobretensión en CC se hace uso de la ecuación (46)

- **Voltaje de protector contra sobretensión en CA (V)**

Para determinar el voltaje del protector contra sobretensión en CA se hace uso de la ecuación (47)

5.9. Dimensionamiento de la puesta a tierra

Los sistemas con una tensión nominal igual o superior a 48 voltios deben contar, según Meléndez (2016), con al menos una conexión a tierra vinculada a la estructura del campo fotovoltaico y al marco metálico del módulo solar. El diseño seguro del sistema de puesta a tierra se fundamenta en la protección de las personas contra el riesgo de descargas eléctricas críticas. Además, este diseño facilita el flujo de corrientes normales o de falla hacia la tierra, asegurando que no se excedan los límites operativos del equipo ni se vea afectada negativamente la continuidad del servicio.

La conexión a tierra debe ajustarse a las directrices establecidas por el Código Nacional de Electricidad (CNE), lo que implica el uso de una varilla de cobre de dimensiones 5/8 pulgadas × 2.40 metros, un conector de cobre, una caja de registro y un cable de cobre de 16 mm. Se sugiere que la resistencia de la conexión a tierra sea inferior a 25 Ω , y se aconseja el empleo de dosis de bentonita u otros compuestos similares.

5.10. Simulación en el software PVsyst para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico BYD e5.

PVsyst es una potente herramienta de software proyectada al análisis y diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica. Este programa se ha convertido en una herramienta líder en la industria solar, utilizada por profesionales para evaluar la viabilidad y el rendimiento de instalaciones solares en una variedad de entornos y ubicaciones geográficas.

La principal función de PVsyst es simular el comportamiento de sistemas fotovoltaicos, permitiendo a los usuarios modelar diferentes componentes, configuraciones y condiciones para obtener una comprensión detallada del rendimiento esperado. Entre sus características clave se incluyen la capacidad para modelar la radiación solar, simular sombreado, analizar pérdidas de energía, optimizar el diseño del sistema y realizar análisis financieros detallados.

En la presente tesis se trabajará con la versión PVsyst 7.4 ya que es la más actualizada y se la descarga través de la página web <https://www.pvsyst.com/download-pvsyst/>. Después de haber concluido con el proceso de descarga e instalación se deberá acceder a la misma mediante su acceso directo.

Al iniciar el software, se visualiza la interfaz principal (Figura 20), donde se presentan varias opciones de sistemas fotovoltaicos disponibles para simulación y algunas utilidades. Es importante señalar que los sistemas que se emplearán en la simulación serán aquellos que funcionan de manera independiente (OFF GRID) y los conectados a la red eléctrica (ON GRID).

Figura 20.
Interfaz principal de PVsyst 7.4.



Nota. Elaborado por el autor.

Seguidamente, vamos a incorporar los datos del sitio geográfico donde se desea diseñar los sistemas fotovoltaicos, para ello dentro de la interfaz principal accedemos a bases de datos y nos encontraremos con bases de datos meteo y base de datos de componentes. A pesar de que PVsyst incluye una versión mejorada de Meteonorm que posibilita la obtención de información meteorológica y mediciones de radiación solar para cualquier localidad a nivel global se va a

ingresar manualmente los datos de coordenadas geográficas y meteo mensual como se puede observar en las Figuras 21 y 22 respectivamente.

Figura 21.
Coordenadas geográficas para Loja en PVsyst.

The screenshot shows the 'Coordenadas geográficas' (Geographic Coordinates) tab in the PVsyst software. The interface is divided into two main sections: 'Ubicación' (Location) and 'Coordenadas geográficas' (Geographic Coordinates).

Ubicación:

- Nombre del sitio: Loja
- País: Ecuador
- Región: América del Sur
- Buttons: 'Obtener de coordenadas' and 'Mostrar mapa'.

Coordenadas geográficas:

- Button: 'Recorridos solares'.
- Latitud: -4.0019 [°] (Decimal) or -4 0 6 (Grad. Min. Seg.) (+ = Norte, - = Hemisferio Sur)
- Longitud: -79.2128 [°] (Decimal) or -79 12 46 (Grad. Min. Seg.) (+ = Este, - = Oeste de Greenwich)
- Altitud: 2164 M por encima del nivel del mar
- Zona horaria: -5.0 (Corresponde a una diferencia promedio)
- Hora Legal - Hora Solar = 0h 17m
- Button: 'Obtener del nombre'.
- Help icon: ?

Nota. Elaborado por el autor.

Figura 22.
Datos meteo mensual para Loja en PVsyst.

	Irradiación horizontal global kWh/m ² /día	Temperatura °C
Enero	4.71	18.7
Febrero	4.74	18.5
Marzo	4.84	18.5
Abril	4.82	18.6
Mayo	4.64	18.5
Junio	4.38	17.6
Julio	4.20	17.5
Agosto	4.65	18.1
Septiembre	5.05	18.6
Octubre	5.15	19.0
Noviembre	5.37	18.7
Diciembre	4.93	18.8
Año ?	4.79	18.4
	Pegar	Pegar

Datos requeridos

Irradiación horizontal global

Temperatura ext. promedio

Datos adicionales

Irradiación difusa horizontal

Velocidad del viento

Turbidez Linke

Humedad relativa

Unidades de irradiación

kWh/m²/día

kWh/m²/mes

MJ/m²/día

MJ/m²/mes

W/m²

Índice de claridad Kt

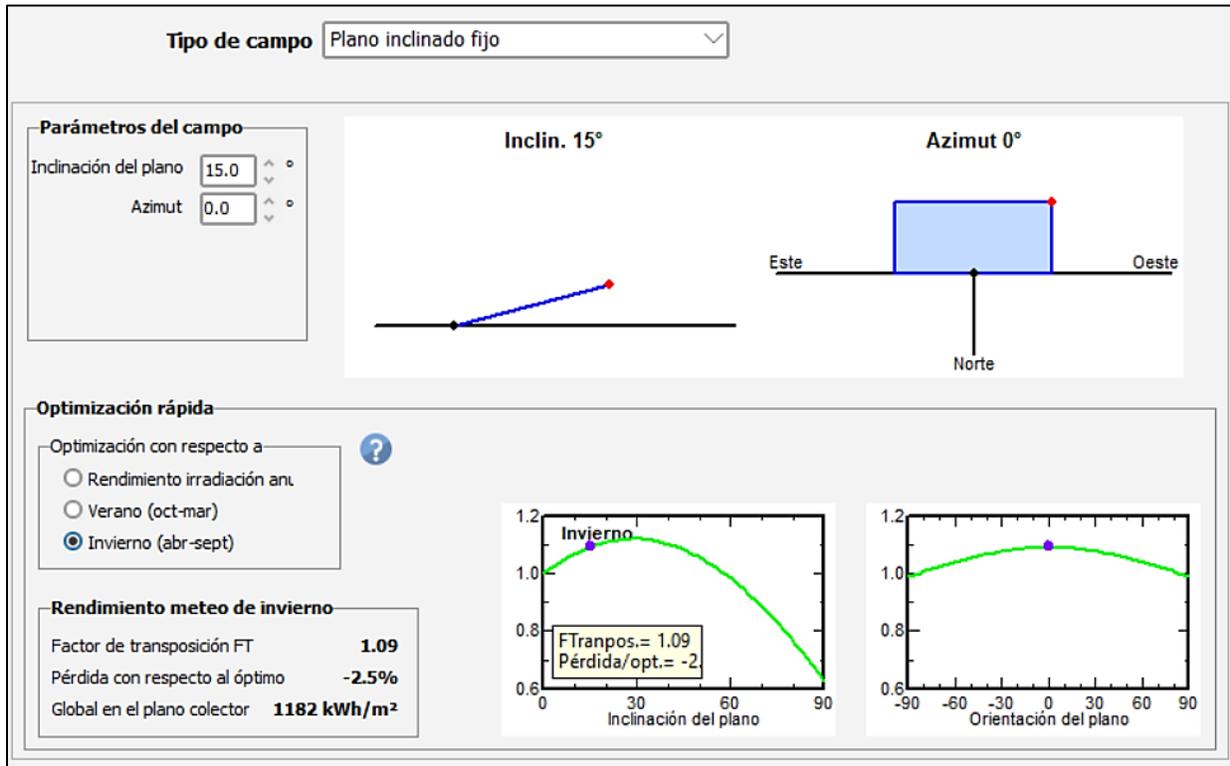
Nota. Los valores mensuales establecidos de irradiación horizontal global son el resultado del promedio de diferentes fuentes de datos expuestos en la sección 6.2. Mientras que el valor de temperatura fue extraído de Vélez, (2020).

PVsyst en base de datos de componentes dispone de una amplia compilación de información acerca de los elementos fundamentales de un sistema de energía solar, tales como paneles, inversores, baterías y reguladores de carga, entre otros. Es crucial suministrar los datos técnicos correspondientes de dispositivos a utilizar que no estén previamente incluidos.

5.10.1. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico independiente en PVsyst

Después de que en Diseño y simulación de proyecto se ha seleccionado independiente, suministramos al software los detalles técnicos de configuración. Primeramente, en orientación, seleccionamos el tipo de campo o superficie donde se ubicarán los paneles solares, el grado de inclinación, azimut y otros. En la Figura 23 se observa que específicamente para este diseño se ha fijado un ángulo de inclinación del panel de 15°, asegurándose que el agua se deslice sobre la superficie y se minimice la posibilidad de obstrucciones por hojas o polvo en el panel fotovoltaico.

Figura 23.
Parámetros de orientación de los paneles solares para un sistema fotovoltaico independiente en PVsyst.



Nota. Para este tipo de sistema fotovoltaico la Optimización va a hacer con respecto a los meses de Invierno o meses elegidos.

Continuando en necesidades de usuario, seleccionamos el tipo o tipos de dispositivos que consumen energía diariamente en el sistema fotovoltaico, con el objetivo de determinar el consumo total y su distribución horaria. En la Figura 24 se especifican.

Figura 24.
Necesidades del usuario del sistema fotovoltaico independiente en PVsyst.

Definición de consumos domésticos diarios para el año.

Consumo Distribución por hora

Consumos diarios

Número	Aparato	Potencia	Uso diario	Distrib. por hora	Daily energy
0	Lámparas (LED o fluo)	0 W/lámpara	0.0 h/día		0 Wh
0	TV / PC / móvil	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
0	Electrodomésticos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
1	Vehículo BYD e5	38.19 kWh/día	24.0	OK	38191 Wh
0	Lavaplatos y lavadora	0.0 W prom	0.0 h/día		0 Wh
0	Otros usos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
0	Otros usos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
Consumidores en espera		1 W tot	24 h/día		24 Wh
Energía diaria total					38215 Wh/día
Energía mensual					1146.5 kWh/mes

Definición de consumo por
 Años
 Estaciones
 Meses

Fin de semana o uso semanal
 Usar solo durante
 días en una semana

Nota. Gracias a que se definió mediante encuestas el consumo energético real diario del vehículo eléctrico BYD e5, se necesitara que el sistema fotovoltaico proporcione una potencia de 38.19 kWh durante el día, con un funcionamiento continuo de 24 horas los 7 días de la semana.

Posteriormente en sistema nos encontraremos con algunos de los parámetros más importantes a configurar de nuestro sistema fotovoltaico como son: Pre – dimensionamiento, Almacenamiento, Generador Fotovoltaico, Respaldo y Esquema Simplificado. Específicamente se procederá a ajustar las configuraciones de Almacenamiento y del Generador Fotovoltaico.

Con los resultados del dimensionamiento matemático en la sección 6.3.1 se estableció que la capacidad de almacenamiento útil será de 1989 Ah, pretendiendo así buscar una batería que cumpla esta condición y en el caso de no encontrarla elegir la que más se acople. Como se puede observar en la Figura 25 para la simulación se escogió la batería Sunlight de 2100 Ah.

Figura 25.
Configuración de almacenamiento del sistema fotovoltaico independiente en PVsyst.

Necesidades diarias prom. Ingrese PL0L aceptado % Voltaje de la batería (usuario) V

38.2 kWh/día Autonomía solicitada día(s) Capacidad sugerida **1873 Ah**

Potencia FV sugerida **11056 Wp (nom.)**

Almacenamiento **Generador FV** Respaldo Esquema Simplificado

Procedimiento

Las sugerencias de pre-dimensionamiento se basan en el meteo mensual y la definición de necesidades del usuario

1. - Pre-dimensionamiento Defina las condiciones de pre-dimensionamiento deseadas (PLOL, autonomía, voltaje de la batería)
2. - Almacenamiento Defina la batería (las casillas de verificación predeterminadas se acercarán al pre-dimensionamiento)
3. - Diseño generador FV Diseñe el generador FV (módulo FV) y el modo de control. Se recomienda comenzar con un controlador universal.
4. - Respaldo Defina un grupo electrógeno eventual

Especifique el conjunto de batería

Ordenar baterías por voltaje capacidad fabricante

Sunlight Pb Sealed Gel Desde 2021

Plomo-ácido

baterías en series baterías en paralelo

Número de baterías **24**

Número de elementos **24**

% Estado inicial de desgaste (núm. de ciclos)

% Estado inicial de desgaste (estático)

Voltaje paquete de baterías **48 V**

Capacidad global **2100 Ah**

Energía almacenada (80% DOD) **80.6 kWh**

Peso total **3624 kg**

Núm. de ciclos a 80% DOD **1688**

Energía total almacenada durante la vida útil de la batería **151 MWh**

Temperatura de funcionamiento batería

Modo de temperatura

Temperatura fija °C

La temperatura de la batería es importante para el envejecimiento de la batería. Un aumento de 10 °C divide la vida útil de la

Nota. Elaborado por el autor.

En la sección dedicada al Generador Fotovoltaico presentada en la Figura 26, llevamos a cabo la configuración de la “Ayuda de pre – dimensionamiento”, esto implica ingresar una potencia planeada de 10 kWp, la cual fue previamente determinada en la sección 6.3.1 y se identifica como la potencia nominal del generador fotovoltaico para el modelo 3. Al realizar esto es importante destacar que el sistema nos proporcionara automáticamente el área disponible de 56 m².

En “Seleccione el módulo FV” escogemos el panel solar a utilizar mismo que debe contar con las características tomadas en cuenta en la realización del dimensionamiento matemático.

Además, en “Diseño generador FV” establecemos que su configuración será de 2 cadenas de 12 paneles en serie, dándonos un total de 24 paneles a utilizar con un área de 48 m².

Figura 26.
Configuración de diseño del sistema fotovoltaico independiente en PVsyst.

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado: 5.0 %
38.2 kWh/día Autonomía solicitada: 2.0 día(s)
 Voltaje de la batería (usuario): 48 V
 Capacidad sugerida: 1873 Ah
 Potencia FV sugerida: 11056 Wp (nom.)

Almacenamiento | Generador FV | Respaldo | Esquema Simplificado

Nombre y orientación del subconjunto:
 Nombre: Generador FV
 Oriente: Plano inclinado fijo
 Inclinación: 15°
 Azimut: 0°

Ayuda de pre-dimensionamiento
 Sin dimensionar
 Ingrese potencia planeada: 10.0 kWp
 ... o área disponible: 56 m²

Selección del módulo FV
 Disponible ahora: [v] Ordenar módulos: Potencia Tecnología
 Jinkosolar: 405 Wp 35V Si-mono JKM-405M-72H Desde 202 [v] [Abrir]
 Módulos necesarios aprox. 28 Dimensiona. voltaje: Vmpp (60°C) 35.7 V
 Voc (-10°C) 55.2 V

Selección del modo de control y el controlador
 Controlador universal: _Genérico Convertidor de potencia MPPT
Modo operativo
 Acoplamiento directo
 Convertidor MPPT
 Convertidor CC-CC
 Corriente máx. de carga-descarga: MPPT 1000 W 48 V 223 A 33 A Universal controller with MPPT conve [Abrir]
 Los parámetros de funcionamiento del controlador universal se ajustará automáticamente de acuerdo con las propiedades del sistema.

Diseño generador FV
Número de módulos y cadenas
 Mód. en serie: 12 debe ser/estar: Sin restricciones
 Núm. cadenas: 2 entre 1 y 3
Núm. de módulos 24 Área 48 m²

Condiciones de operación:
 Vmpp (60°C) 428 V
 Vmpp (20°C) 503 V
 Voc (-10°C) 663 V
 Irradia. plano 1000 W/m²
 Imp (60°C) 19.9 A
 Isc (60°C) 21.3 A
 Isc (en STC) 21.2 A
 Potencia de funcionamiento máx. (a irrad. máx. y 50°C) 8.9 kW
Potencia nom. conjunto (STC) 9.7 kWp

Nota. El controlador utilizado es de Modo operativo Convertidor MPPT y Genérico es decir este dispositivo es recomendado por el software.

En la Figura 27, se detallan las condiciones de simulación del sistema fotovoltaico. Se aprecia con agrado cómo los valores establecidos como criterios de diseño al elegir cada componente del sistema de generación se confirman mediante los resultados obtenidos en la simulación.

Figura 27.
Condiciones de simulación para el sistema fotovoltaico independiente en PVsyst.

Necesid. usuario	Hogar	Potencia prom.	1592 W
	Proporción nocturna 49.3%	Energía día	38 kWh
Paquete de baterías	1 en paralelo, 48 V	Capacidad	2100 Ah
	Autonomía 2.1 día	Energía almacenada	81 kWh
Generador FV	2 cadena(s) de 12 módulos	Potencia nom.	9.72 kWp
	PV/PLoad 6.1	Energía prom. día	40 kWh
Controlador	MPPT universal	Potencia nom.	8.45 kW
	PV/PConv 1.15	Umbrales	según SOC

Nota. Elaborado por el autor.

También es posible establecer diferentes factores, como las pérdidas específicas del sistema, que incluyen pérdidas térmicas, pérdidas óhmicas, la calidad de los módulos, así como la presencia de polvo y suciedad, entre otros. Además, se puede configurar un perfil detallado de obstáculos, identificar las sombras cercanas a la instalación y tener en cuenta las necesidades energéticas específicas del usuario.

Finalmente, al verificar que los componentes seleccionados para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico independiente no muestran inconvenientes ni generan alertas, procedemos a ejecutar la simulación y visualizamos los resultados detallados en la Figura 28.

Figura 28.
Resultados de simulación del sistema fotovoltaico independiente en PVsyst.

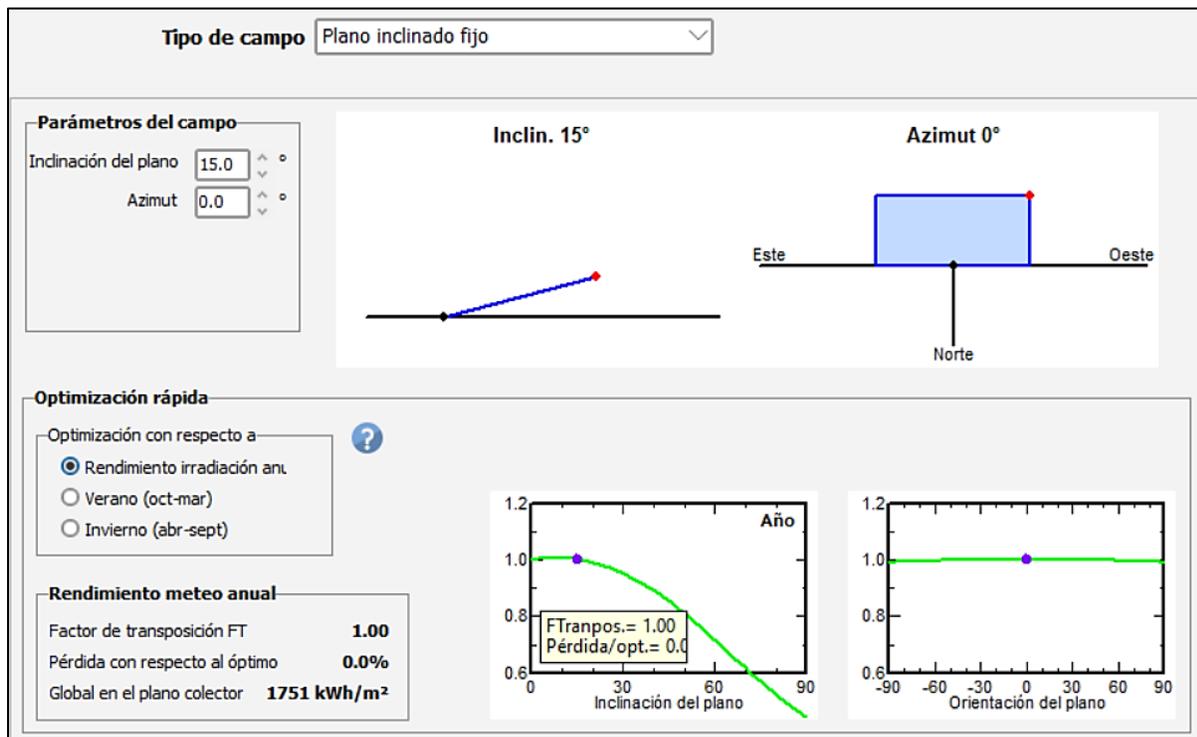
Resumen de resultados	
Tipo de sistema	Sistema independiente con baterías
Producción del sistema	12967 kWh/año
Producción específica	1334 kWh/kWp/año
Proporción de rendimiento	0.768
Producción normalizada	3.66 kWh/kWp/día
Pérdidas del conjunto	0.79 kWh/kWp/día
Pérdidas del sistema.	0.31 kWh/kWp/día

Nota. Elaborado por el autor.

5.10.2. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico conectado a la red en PVsyst

Después de optar por la opción "Conectado a la Red" en el Diseño y simulación del proyecto, proporcionamos al software los detalles técnicos de configuración. Al igual que en la etapa inicial del dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo (sección 5.8.1), comenzamos especificando en Orientación el tipo de campo, la inclinación del plano, y el azimut. La única diferencia es que, al ser este sistema conectado a la red, la energía va a ser vendida a un precio constante durante todo el año, por ende, la Optimización va a hacer con respecto al Rendimiento de irradiación anual, tal como se puede observar en la Figura 29.

Figura 29.
Parámetros de orientación de los paneles solares para un sistema fotovoltaico conectado a la red en PVsyst



Nota. PVsyst mostrará el porcentaje de pérdida de módulos al comparar los ángulos propuestos con los valores óptimos; un porcentaje de 0% indica que los ángulos asignados son correctos.

Continuando en "Sistema" es necesario asignar los componentes clave como el inversor y los módulos. En la ventana correspondiente (Figura 30), iniciamos con la configuración de la "Ayuda de pre - dimensionamiento" ingresando la potencia planeada o, en su lugar, el área

disponible para la instalación de los módulos. Seguidamente seleccionamos el módulo fotovoltaico y el inversor conforme a las características tomadas en cuenta en la realización del dimensionamiento matemático de la sección 6.3.1. Así mismo, en el aparatado de "Diseño el conjunto", especificamos que la disposición consistirá en 2 cadenas de 12 paneles conectados en serie, lo que resulta en un total de 24 paneles utilizados.

Es importante recalcar que PVsyst recomendará una configuración para el sistema y, si surge alguna irregularidad, el software activará un sistema de alertas a través de mensajes de advertencia, los cuales siguen un esquema de colores.

Figura 30.
Configuración de diseño del sistema fotovoltaico conectado a la red en PVsyst.

Subconjunto

Nombre y orientación del subconjunto
 Nombre:
 Oriente: **Plano inclinado fijo** Inclinación: **15°** Azimut: **0°**

Ayuda de pre-dimensionamiento
 Sin dimensionamiento Ingrese potencia planeada kWp
 ... o área disponible(módulos) m²
 Redimens.

Selección del módulo FV
 Disponible ahora: Filtro:
 Módulos necesarios aprox. **25**
 Desde 2020 Datasheets 2020
 Usar optimizador
 Dimensiona. voltaje : Vmpp (60°C) **35.7 V**
 Voc (-10°C) **55.2 V**

Selección del inversor
 Disponible ahora: Voltaje de salida 400 V Tri 50Hz 50 Hz 60 Hz
 Desde 2020
 Núm. de inversores: Voltaje de funcionamiento: **150-750 V** Poder global inversor: **9.0 kWca**
 Utilizar multi-MPPT Voltaje máximo de entrada: **900 V** **inversor con 2 MPPT** **Reparto de potencia en este inversor**

Diseño del conjunto
Núm. de módulos y cadenas
 Mód. en serie: entre 5 y 16
 Núm. cadenas: única posibilidad 2
 Pérdida sobrecarga: **0.0 %**
 Proporción Pnom: **1.08**
 Núm. de módulos: **24** Área: **48 m²**

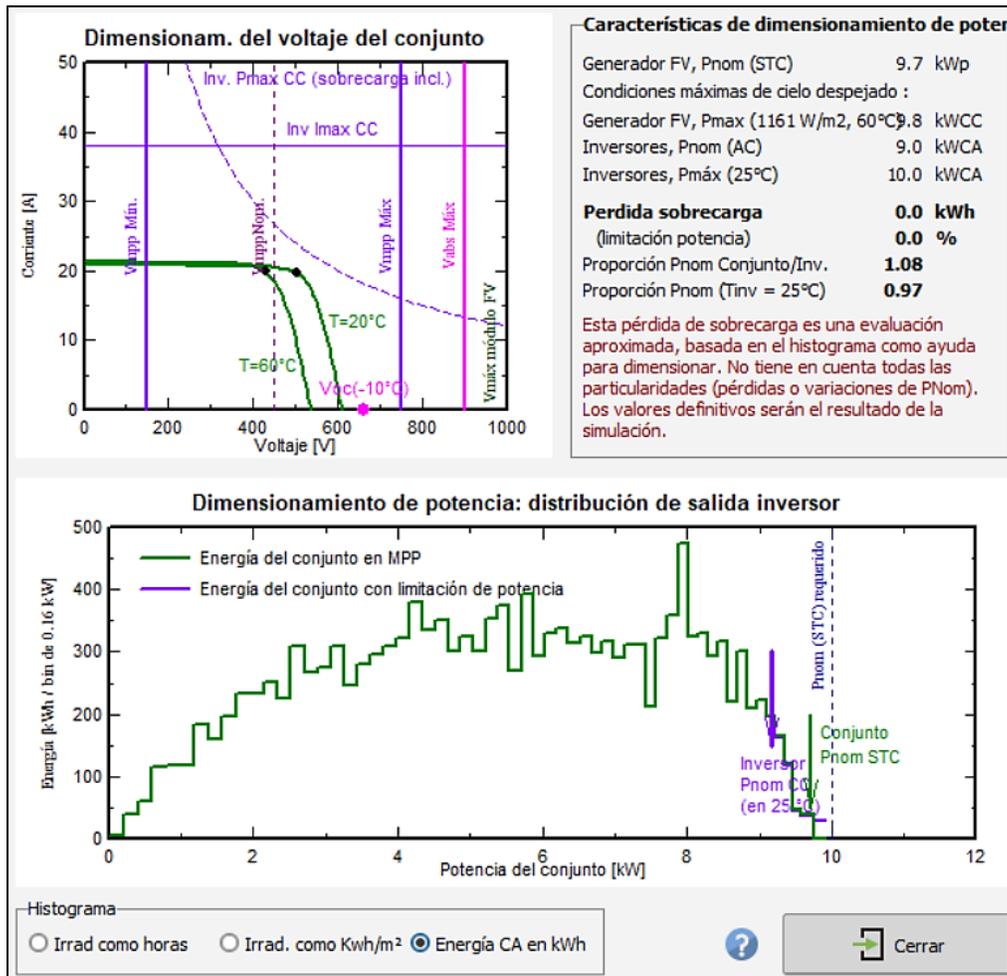
Condiciones de operación
 Vmpp (60°C): **428 V**
 Vmpp (20°C): **503 V**
 Voc (-10°C): **663 V**
 Irradia. plano: **1000 W/m²**
 Impp (STC): **19.3 A**
 Isc (STC): **21.0 A**
 Isc (en STC): **21.0 A**

Máx. en datos STC
 Potencia de funcionamiento máx. **10.3 kW**
 (en 1161 W/m² y 50°C)
Potencia nom. conjunto (STC) 9.7 kWp

Nota. Elaborado por el autor.

En el apartado de “Dimensionamiento” se presenta gráficamente las limitaciones de dimensionamiento del sistema (Figura 31). Para el número de módulos y cadenas, el gráfico superior muestra la curva I/V de la matriz fotovoltaica con el rango MPPT, voltaje, potencia y límites de corriente del inversor (PVsyst, s.f.). La cantidad de módulos en serie determina la tensión del sistema fotovoltaico, y las cadenas en paralelo determinan la corriente, ambas ajustadas a los límites del inversor. En cuanto al diseño del inversor, el gráfico inferior presenta la distribución de la potencia del conjunto fotovoltaico y los límites de potencia nominal del conjunto y el inversor. El software realiza el dimensionamiento óptimo del inversor considerando la pérdida por sobrecarga aceptable.

Figura 31.
Condiciones de Dimensionamiento del sistema fotovoltaico conectado a la red en PVsyst.



Nota. Elaborado por el autor.

En la Figura 32 se presenta un resumen global del sistema fotovoltaico conectado a la red que se va a simular. Se destaca con satisfacción que los valores establecidos como criterios de diseño al seleccionar los diversos componentes del sistema fotovoltaico son respaldados por los resultados obtenidos en la simulación, como se ilustra en la Figura 33.

Figura 32.
Resumen global del sistema fotovoltaico conectado a la red en PVsyst.

Núm. de módulos	24
Área del módulo	48 m ²
Núm. de inversores	1
Potencia FV nominal	9.7 kWp
Potencia de CA nominal	9.0 kWCA
Proporción Pnom	1.080

Nota. Elaborado por el autor.

Figura 33.
Resultados de simulación del sistema fotovoltaico conectado a la red en PVsyst.

Resumen de resultados	
Tipo de sistema	Sin escena 3D definida, sin sombras
Producción del sistema	14541 kWh/año
Producción específica	1496 kWh/kWp/año
Proporción de rendimiento	0.861
Producción normalizada	4.10 kWh/kWp/día
Pérdidas del conjunto	0.58 kWh/kWp/día
Pérdidas del sistema.	0.08 kWh/kWp/día

Nota. Elaborado por el autor.

Con la ayuda de PVsyst se determinó el valor de la energía diaria producida y almacenada de los sistemas fotovoltaicos, con este valor podemos calcular el número de vehículos eléctricos que pueden ser cargados en el día en la electrolinera, para ello se hace uso de la siguiente ecuación:

- **Número vehículos eléctricos cargados:**

$$N_{ev} = \frac{E_p}{E_n} \quad (48)$$

Donde:

E_p : Energía diaria producida (kWh)

E_n : Energía diaria necesaria (kWh)

Cabe recalcar que los propietarios de los vehículos eléctricos con el fin de prolongar la vida útil de sus baterías mantienen un rango de energía diaria necesaria del 20% al 80%.

Por otro lado, tenemos que para determinar el tiempo de carga de los vehículos eléctricos se hace uso de la siguiente ecuación:

- **Tiempo de carga de vehículo eléctrico:**

$$T_{crg} = \frac{E_n}{P_{crg}} \quad (49)$$

Donde:

E_n : Energía diaria necesaria (kWh)

P_{crg} : Potencia del cargador utilizado (kW)

6. Resultados

6.1. Consumo energético real de los vehículos eléctricos en la ciudad de Loja

La ejecución de las encuestas a los propietarios de los vehículos (taxis) eléctricos se la realizó en diferentes puntos de la ciudad de Loja, especialmente se centró en la ubicación de la electrolinera BYD (Figura 34). El total de encuestados fueron 35 y a continuación se detallan las preguntas y en general sus respectivas respuestas.

Figura 34.

Electrolinera BYD ubicada a los alrededores del estadio reina del Cisne en la ciudad de Loja.

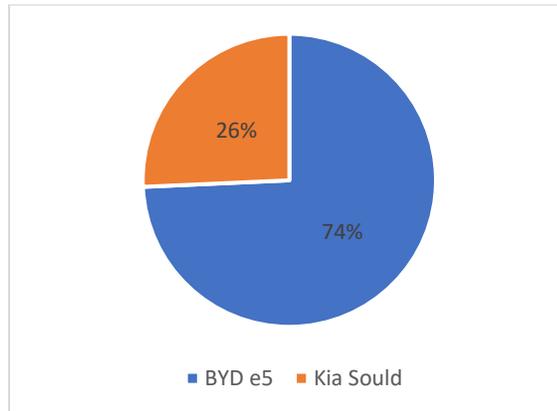


Nota. Elaborado por el autor.

a) ¿Qué tipo de vehículo eléctrico usa en su trabajo?

Dentro de la ciudad de Loja prestan un servicio de taxi dos tipos de vehículos eléctricos, uno de marca BYD e5 y el de *Kia Sould* mismos cuyas características se encuentran detalladas en la *sección 4.2.5*. Como se puede observar en la Figura 36 los vehículos eléctricos de marca BYD e5 tienen mayor presencia que los de marca *Kia Sould*.

Figura 35.
Tipos de vehículos eléctricos en la ciudad de Loja.



Nota. Como se puede observar los propietarios de vehículos eléctricos de marca BYD e5 representan más del 70% del total de encuestados.

b) ¿Qué tiempo ha sido propietario de su vehículo eléctrico?

La adquisición de este tipo de vehículos fue en el año 2017, siendo hasta la actualidad un tiempo recorrido de 7 años.

c) ¿Cuál es el kilometraje de su vehículo eléctrico?

Los límites inferior y superior de kilometraje actual para los vehículos de marca BYD e5 está entre los 340 000 km y 500 000 km. En cambio, para los vehículos de marca *Kia Sould* está entre los 260.000 km y 345 000 km.

d) ¿Cuántos kilómetros en promedio al día recorre en su vehículo eléctrico?

Se pudo observar un mayor recorrido en los vehículos eléctricos de marca BYD e5 ya que cuentan con una electrolinera, pues su recorrido diario ronda entre los 200 km y 250 km. En cambio, el recorrido diario de los vehículos de marca *Kia Sould* está entre los 110 km y 160 km.

e) ¿Con qué frecuencia carga su vehículo eléctrico?

Estos vehículos al prestar un servicio de taxi tienen una frecuencia de carga diaria.

f) ¿Qué tipo de carga utiliza con más frecuencia en su vehículo eléctrico?

Para los vehículos de marca BYD e5 la carga utilizada es lenta (domiciliaria) y semirrápida (electrolinera). En cambio, para los vehículos de marca *Kia Sould* la carga utilizada es únicamente lenta (domiciliaria), ya que no cuentan con electrolinera

g) *¿Dependiendo del tipo de carga utilizada, qué tiempo se demora en cargar al 100% su vehículo eléctrico?*

El tiempo que necesita un vehículo eléctrico para cargar su batería al 100% va a depender de muchos factores como son: el estado de la batería, las horas en las que se lo conecta al enchufe y la cantidad de carga con la que cuenta actualmente la batería, según las encuestas realizadas tenemos que:

En el domicilio y en la noche el tiempo de carga completa se encuentra en un intervalo de 4 h 30 min a 6 h. En cambio, en la electrolinera el tiempo de carga completa se encuentra en un intervalo de 40 min y 1 h.

h) *¿Cuánto gasta diariamente en cargar su vehículo eléctrico?*

Haciendo uso de los dos tipos de carga anteriormente expuestos el gasto diario por propietario ronda entre los 6.00 USD y 10.00 USD mismo que está determinado por el precio de la energía eléctrica.

i) *¿Ha notado alguna disminución en la autonomía de su vehículo eléctrico desde su adquisición?*

Si se ha notado, ya que no se tuvo conocimiento, que para maximizar la autonomía es importante considerar estos factores y tomar medidas como: una conducción más suave, la gestión eficiente del uso de accesorios eléctricos y la carga periódica y cuidadosa de la batería para mantener su salud y rendimiento óptimos.

j) *¿Ha experimentado algún problema con la batería de su vehículo eléctrico desde que lo adquirió?*

No y por ende no se han realizado cambios de esta.

k) ¿Existe en la ciudad de Loja algún taller o servicio especializado en vehículos eléctricos?

Dentro de la ciudad de Loja la agencia *Mirasol* tiene un convenio con los vehículos de marca BYD. Y la agencia *Kia Motors* realiza mantenimiento a los taxis eléctricos de su misma marca.

l) ¿Ha realizado una prueba de capacidad de batería de su vehículo eléctrico?

Algunos de los propietarios juntamente con su agencia especializada han realizado recientemente una prueba de capacidad de batería, pudiendo destacar que en algunos casos el estado se encuentra entre un 90% y 95%.

m) ¿Ha realizado y en donde algún mantenimiento en la batería de su vehículo eléctrico?

No se han realizado.

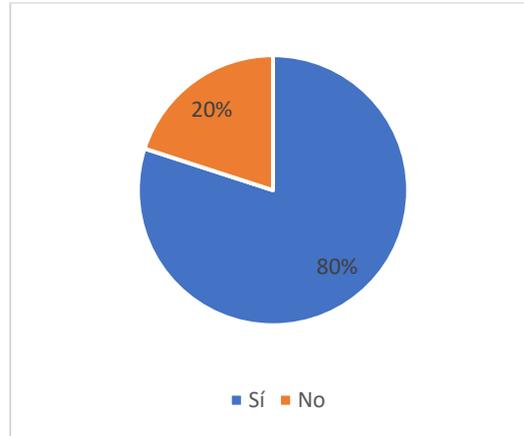
n) ¿Cuál ha sido el costo total de mantenimiento de su vehículo eléctrico?

La frecuencia exacta del mantenimiento puede variar según el fabricante y el modelo del vehículo eléctrico. Como en un vehículo convencional el mantenimiento realizado se ha dado en cambios de aceite, llantas, refrigerantes, etc., y los precios rondan entre los 140 USD y 150 USD.

o) ¿Cree usted que ha recuperado la inversión?

Realizando el respectivo conteo, 28 propietarios expresaron que sí han recuperado su inversión, mientras que 7 propietarios expusieron que no de los cuales su mayoría son dueños de vehículos eléctricos de marca *Kia Sould*. La Figura 36 representa el respectivo porcentaje de cada uno de ellos.

Figura 36.
Recuperación de inversión.



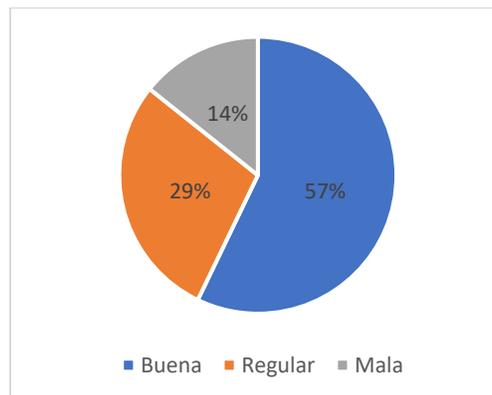
Nota. Elaborado por el autor.

p) ¿Qué tiempo planea seguir utilizando su vehículo eléctrico?

El tiempo proyectado a seguir trabajando con el vehículo eléctrico está entre 1 año, 5 años y 10 años. O también hasta cuando se dé una falla demasíadamente cara. Además, algunos de los propietarios están en el proceso de cambio a vehículos de gasolina.

q) ¿Cuál es su experiencia con vehículos eléctricos?

Figura 37.
Experiencia de propietarios con vehículos eléctricos.

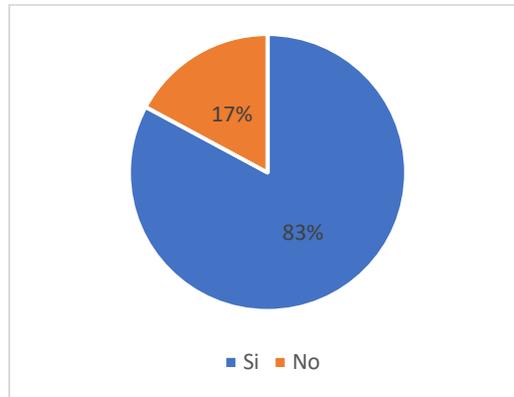


Nota. Como se puede observar en la presente figura la experiencia ha sido buena para el 57% de los encuestados, la mayoría propietarios de vehículos eléctricos de marca BYD e5.

También la experiencia ha sido mala para el 14% de encuestados en su mayoría propietarios de vehículos eléctricos de marca *Kia Sould*.

r) ¿Recomendaría la compra de un vehículo eléctrico?

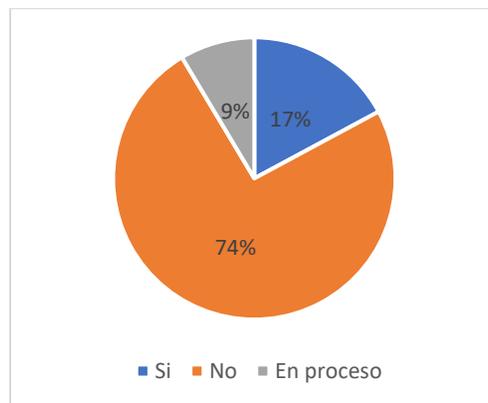
Figura 38.
Recomendación de compra de vehículos eléctricos.



Nota. La recomendación de compra fue en su mayoría por propietarios de vehículos eléctricos de marca BYD e5 ya que cuentan con una infraestructura de carga semirrapida ubicada en el estadio reina del Cisne, además la autonomía de batería de sus vehículos es mayor, y el costo de electricidad en la ciudad de Loja es bajo.

s) ¿Regresaría a un vehículo de gasolina?

Figura 39.
Opinión de los propietarios a un posible retorno de vehículos de gasolina.



Nota. La mayoría de los propietarios encuestados expusieron conformismo con su vehículo eléctrico y que no piensan sustituirlo por vehículos de gasolina, al menos que presenten fallas demasadamente caras de resolver o algún otro inconveniente.

6.1.1. Resumen de los principales resultados de las encuestas realizadas

Tabla 9.

Registro de kilometraje y características de carga de los vehículos eléctricos de cada propietario encuestado.

Propietario	Tipo de Vehículo Eléctrico	Kilometraje actual (km)	Promedio de recorrido al día (km)	Frecuencia de carga	Tipo de carga usada
1	BYD e5	340 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
2	BYD e5	353 000	210	Diariamente	Lenta y Semirrapida
3	BYD e5	356 000	220	Diariamente	Lenta y Semirrapida
4	BYD e5	359 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
5	BYD e5	362 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
6	BYD e5	369 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
7	BYD e5	376 000	205	Diariamente	Lenta y Semirrapida
8	BYD e5	377 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
9	BYD e5	385 000	230	Diariamente	Lenta y Semirrapida
10	BYD e5	386 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
11	BYD e5	387 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
12	BYD e5	394 000	210	Diariamente	Lenta y Semirrapida
13	BYD e5	399 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
14	BYD e5	405 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
15	BYD e5	421 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
16	BYD e5	443 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
17	BYD e5	453 000	250	Diariamente	Lenta y Semirrapida
18	BYD e5	461 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
19	BYD e5	466 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
20	BYD e5	471 000	240	Diariamente	Lenta y Semirrapida
21	BYD e5	472 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
22	BYD e5	482 000	250	Diariamente	Lenta y Semirrapida
23	BYD e5	489 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
24	BYD e5	492 000	210	Diariamente	Lenta y Semirrapida
25	BYD e5	498 000	200	Diariamente	Lenta y Semirrapida
26	BYD e5	500 000	250	Diariamente	Lenta y Semirrapida
27	<i>Kia Sould</i>	260 000	110	Diariamente	Lenta
28	<i>Kia Sould</i>	273 000	115	Diariamente	Lenta
29	<i>Kia Sould</i>	286 000	125	Diariamente	Lenta
30	<i>Kia Sould</i>	291 000	110	Diariamente	Lenta
31	<i>Kia Sould</i>	299 000	140	Diariamente	Lenta
32	<i>Kia Sould</i>	303 000	130	Diariamente	Lenta
33	<i>Kia Sould</i>	312 000	135	Diariamente	Lenta
34	<i>Kia Sould</i>	327 000	155	Diariamente	Lenta
35	<i>Kia Sould</i>	345 000	160	Diariamente	Lenta

Nota. A pesar de que los dos tipos de vehículos eléctricos fueron adquiridos en el mismo año, podemos observar que los vehículos eléctricos de marca Kia Sould presentan un menor kilometraje y promedio de recorrido al día ya que no cuentan con una electrolinera.

6.1.2. Consumo energético real obtenido de la EERSSA

Gracias a las encuestas ejecutadas se pudo conocer a los propietarios que conforman la flota de taxis eléctricos en la ciudad de Loja. Donde algunos de ellos me ayudaron con su número de identificación (cédula) para luego mediante la plataforma “Geoportal Eléctrico (ArcGIS)” poder buscar e identificar el consumo eléctrico diario, mensual y anual y así mismo el valor a cancelar por el último mes, todo esto se ve detallado en la Tabla 10.

Tabla 10.

Consumo energético real de un propietario por cada tipo de vehículo eléctrico y de la electrolinera.

Nº de medidor	Tipo de consumidor	Promedio de consumo diario (kWh)	Promedio de consumo anual (kWh)	Ultimo consumo del mes (kWh)	Valor cancelado del último mes (USD)
241486	V.E. BYD e5	38.19	901.92	1 209	93.6
241485	V.E. <i>Kia Sould</i>	57.90	498.17	1 643	152.3
33944	Electrolinera de V.E. BYD e5	320.57	2 885.33	10 478	837.4

Nota. Elaborado por el autor.

La información del promedio de consumo diario (kWh) nos proporciona una perspectiva más precisa y concreta sobre la cantidad de energía requerida para satisfacer diariamente la demanda de los vehículos eléctricos. En consecuencia, utilizaremos estos datos para elaborar los diferentes diseños destinados a los distintos perfiles de consumidores.

6.2. Promedio de Irradiación Global Horizontal (IGH) para la ciudad de Loja

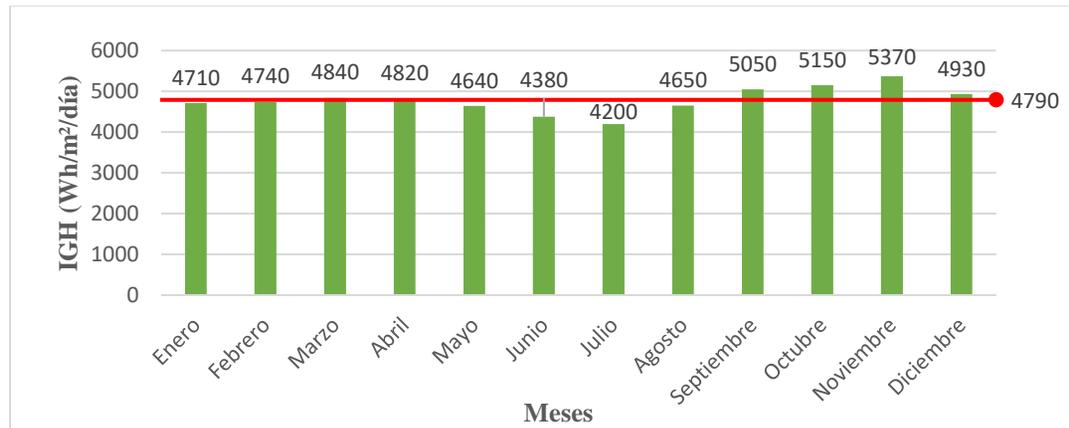
Luego de recopilar los valores mensuales de IGH para la ciudad de Loja de diversas fuentes, como se observa en la Tabla 11, es esencial calcular los promedios mensuales (Figura 40) para el dimensionamiento matemático.

Tabla 11.
Datos de IGH de diferentes fuentes para la ciudad de Loja.

Bases de datos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año	Unidad
NASA-SSE	4.83	4.80	5.19	4.88	4.65	4.60	4.65	4.93	5.18	4.95	5.26	5.07	4.92	kWh/m ² /día
Meteoronorm	5.27	5.61	5.95	5.71	5.27	5.32	5.21	5.84	5.98	5.95	5.61	5.37	5.59	kWh/m ² /día
Atlas solar del Ecuador	4.35	4.35	4.00	4.20	4.20	4.00	3.50	4.00	4.75	5.10	5.25	4.65	4.36	kWh/m ² /día
NREL-NSRDB 2013-2017	4.50	4.45	4.46	4.69	4.40	3.90	3.66	4.26	4.74	4.93	5.61	4.74	4.53	kWh/m ² /día
Mapa Solar del Ecuador 2019	4.60	4.50	4.60	4.60	4.70	4.10	4.00	4.20	4.60	4.80	5.10	4.80	4.65	kWh/m ² /día

Nota. Elaborado por el autor.

Figura 40.
Promedio de IGH de diferentes fuentes para la ciudad de Loja.



Nota. Elaborado por el autor.

6.3. Dimensionamiento matemático para el sistema fotovoltaico independiente y conectado a la red del vehículo eléctrico BYD e5.

Para realizar un respectivo dimensionamiento matemático de los sistemas fotovoltaicos independientes y conectados a la red que permitan cargar los vehículos eléctricos particulares y de estaciones de carga tenemos que identificar los siguientes valores:

Primeramente, calculamos el ángulo de inclinación de paneles solares y el valor de horas solar pico, para ello hacemos uso de las ecuaciones (1) y (2) respectivamente dándonos los siguientes resultados:

- Angulo de inclinación de paneles solares = 14.4° o 15° (Orientación Sur)
- Horas solar pico = 4,2

Seguidamente llevamos a cabo el cálculo de los parámetros clave requeridos para llevar a cabo una adecuada determinación de las dimensiones de los equipos que integran los sistemas fotovoltaicos, utilizando las ecuaciones correspondientes a los cuatro modelos presentados y explicados en la sección 5.7.

Para este tipo de vehículo eléctrico podemos destacar de la sección 6.1.2 lo siguiente:

- Promedio de consumo diario = 38.19 kWh

En la Tabla 12 incluimos los respectivos resultados de aplicar los 4 modelos propuestos en metodología y observamos cuál de ellos es óptimo a utilizar.

Tabla 12.

Comparativa de resultados de los 4 modelos de dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos.

Parámetros	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Energía diaria real consumida (kWh)	38.19	6.36	38.19	38.19
Número de paneles en serie			12	4
Número de paneles en paralelo			2	6
Número total de paneles	25	4	24	24
Potencia nominal del generador fotovoltaico (kWp)	9.09	1.6	10	10
Tensión del sistema (V)	48	48	48	48
Corriente del sistema (A)		132,6		
Número de baterías en serie			24	
Número de baterías en paralelo			1	
Número total de baterías		1	24	
Capacidad de almacenamiento necesaria (kWh)				229.14
Capacidad de almacenamiento útil (Ah)	2.187	530	1.989	2.386
Voltaje de circuito abierto del regulador (V)			> 445	
Corriente máxima del regulador (A)		> 132,6	> 35	> 83,1
Potencia máxima del inversor (kW)	> 10	> 8.4	> 10	> 10

Nota. Elaborado por el autor.

6.3.1. Dimensionamiento del cableado para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico BYD e5.

Realizar un correcto dimensionamiento del cableado en sistemas fotovoltaicos ofrece ventajas significativas en términos de eficiencia energética, seguridad, durabilidad y cumplimiento normativo. Un enfoque cuidadoso en esta etapa del diseño contribuirá a un sistema fotovoltaico más eficiente, confiable y rentable a lo largo de su vida útil. De la sección 5.8.1 podemos destacar lo siguiente:

Tabla 13.
Características del cableado para el sistema fotovoltaico independiente.

Tramo	Longitud (m)	Máxima caída de tensión permitida (ΔV)	I _{max} (A)	V _{max} (V)	S (mm ²)	AWG	Tipo
Paneles – Controlador de carga	28	3%	26.54	366.24	4	12	CC
Controlador de carga – Baterías	4	1%	176	48	21.51	4	CC
Baterías – Inversor	8	1%	208.33	48	41	1	CC
Inversor – Tablero de distribución	15	5%	46	220	3.7	12	CA

Nota. Elaborado por el autor.

Tabla 14.*Características del cableado para el sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Tramo	Longitud (m)	Máxima caída de tensión permitida (ΔV)	I _{max} (A)	V _{max} (V)	S (mm ²)	AWG	Tipo
Paneles – Inversor	28	3%	26.54	366.24	4	12	CC
Inversor – Tablero de distribución	15	5%	46	220	3.7	12	CA

Nota. Elaborado por el autor.

6.3.2. Dimensionamiento de las protecciones para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico BYD e5.

Desarrollar un correcto dimensionamiento de las protecciones en sistemas fotovoltaicos ofrecen seguridad, cumplimiento con las normativas, optimización del rendimiento y reducción de los riesgos económicos asociados con fallos eléctricos. Un enfoque cuidadoso en la selección y configuración de las protecciones contribuirá significativamente al éxito y la fiabilidad del sistema fotovoltaico. De la sección 5.8.2 podemos destacar lo siguiente:

Tabla 15.*Características de las protecciones para el sistema fotovoltaico independiente.*

Tramo	Categoría	I _{max} (A)	V _{max} (V)	Tipo
Paneles – Controlador de carga	fusible	> 26.54		CC
Paneles – Controlador de carga	Protector contra sobretensión		> 366.24	CC
Controlador de carga – Baterías	fusible	> 176		CC
Baterías – Inversor	fusible	> 208.33		CC
Inversor – Tablero de distribución	Interruptor termomagnético	> 46		CA
Interruptor termomagnético – Carga	Interruptor diferencial	> 46		CA
Tablero de distribución	Protector contra sobretensión		> 220	CA

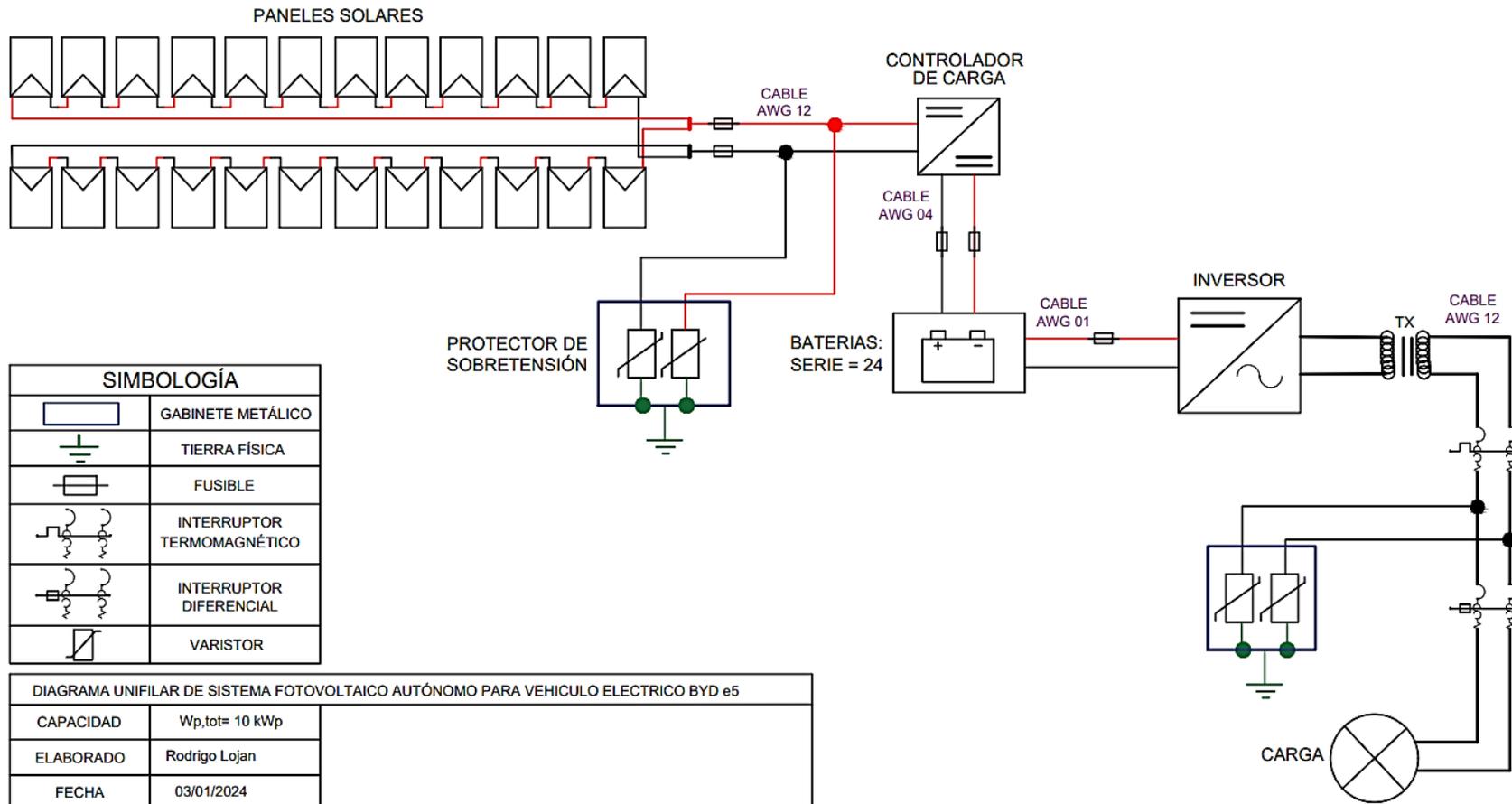
Nota. Elaborado por el autor.**Tabla 16.***Características de las protecciones para el sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Tramo	Clase	I _{max} (A)	V _{max} (V)	Tipo
Paneles – Inversor	fusible	> 26.54		CC
Paneles – Inversor	Protector contra sobretensión		> 366.24	CC
Inversor – Tablero de distribución	Interruptor termomagnético	> 46		CA
Interruptor termomagnético – Carga	Interruptor diferencial	> 46		CA
Tablero de distribución	Protector contra sobretensión		> 220	CA

Nota. Elaborado por el autor.

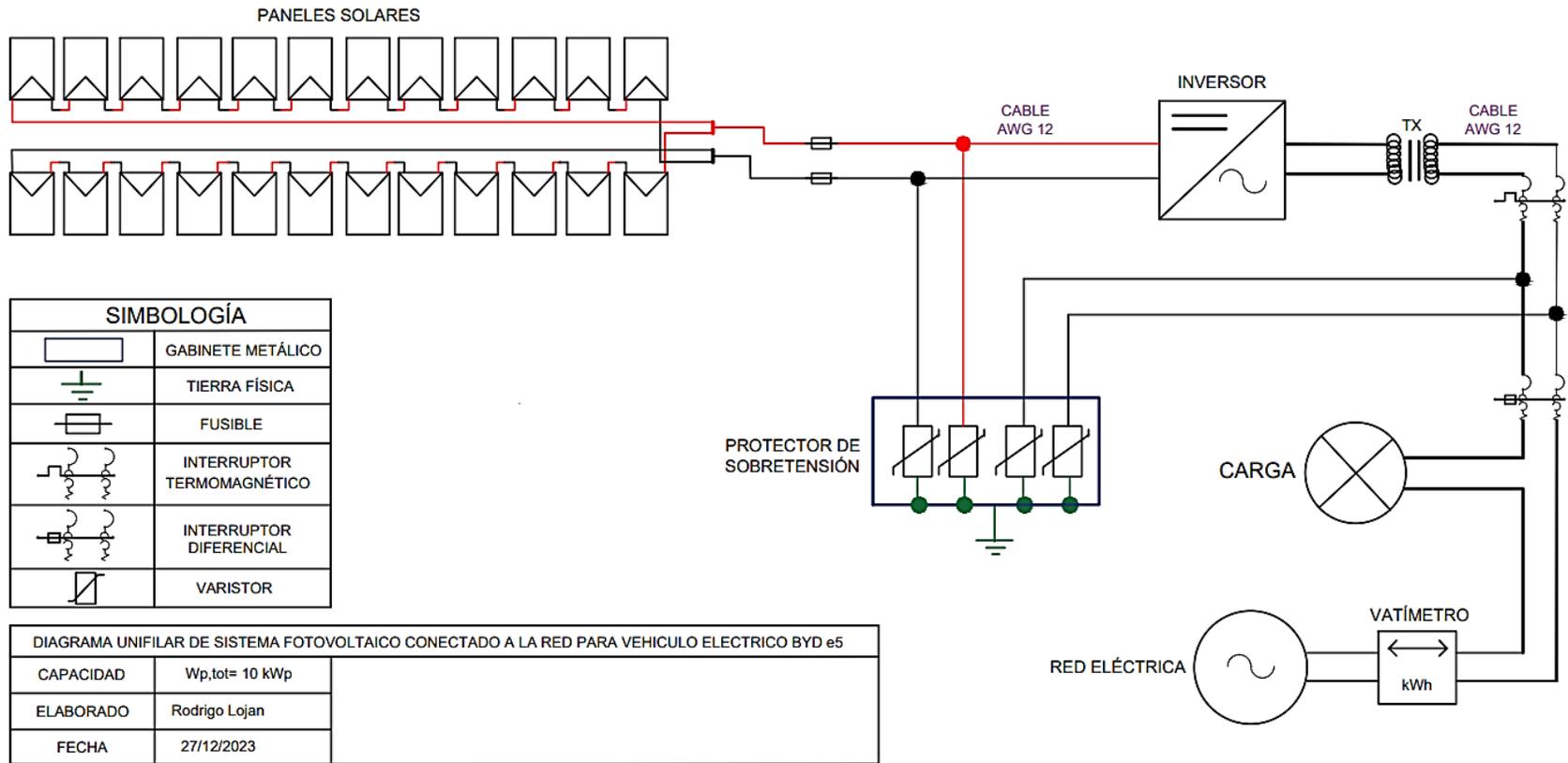
6.4. Esquemas de conexión y distribución de los sistemas fotovoltaicos para el vehículo eléctrico BYD e5.

Figura 41.
Diagrama unifilar para el sistema fotovoltaico independiente



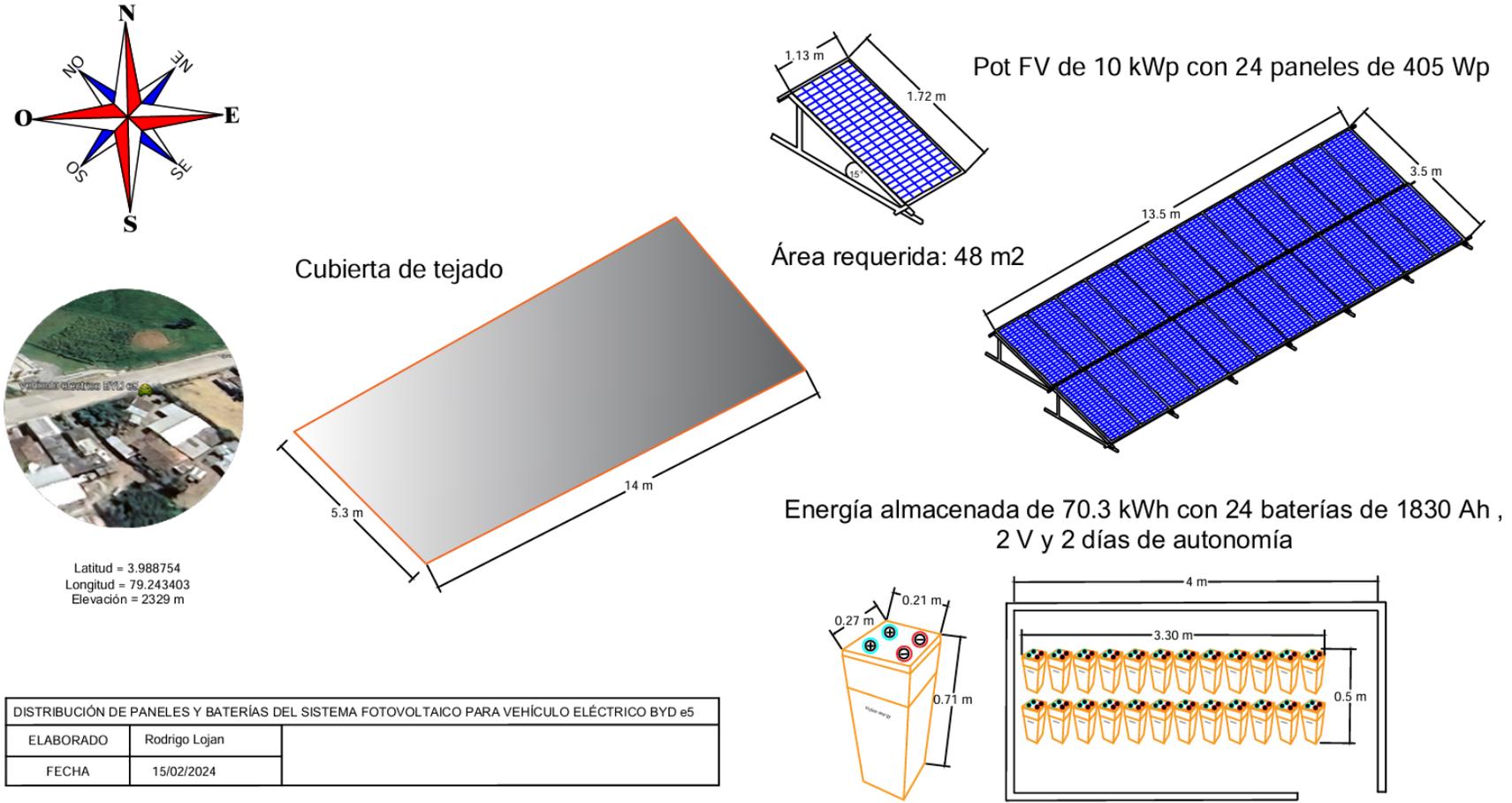
Nota. Elaborado por el autor.

Figura 42.
Diagrama unifilar para el sistema fotovoltaico conectado a la red.



Nota. Elaborado por el autor.

Figura 43.
 Distribución de paneles y baterías del sistema fotovoltaico para el vehículo eléctrico BYD e5.



Nota. Elaborado por el autor.

6.5. Principales equipos de los sistemas fotovoltaicos para el vehículo eléctrico BYD e5.

Dado que este proyecto se enfoca exclusivamente en el diseño de sistemas fotovoltaicos destinados a cargar vehículos eléctricos, se tienen en cuenta únicamente los equipos esenciales que se han identificado a lo largo del proceso del dimensionamiento matemático. Para la selección de estos, se examinó la información proporcionada por diversos proveedores o distribuidores de productos eléctricos fotovoltaicos a través de sus sitios web.

El panel solar elegido es el TigerPro 54HC – 405Watt de Jinko Solar por su alto rendimiento y composición monocristalina de silicio puro. Se lo puede adquirir a través de RENOVAENERGIA S.A, una empresa Ecuatoriana especializada en soluciones eléctricas con tecnologías renovables. El controlador de carga elegido es de tipo “MPPT” (Seguidor de Punto de Máxima Potencia) ya que mejora la eficiencia en el suministro de carga a las baterías mediante algoritmos avanzados. En su elección, se deben considerar el voltaje (366.24 V) y la corriente (26.54 A) de entrada desde los paneles, obtenidos mediante las ecuaciones (38) y (39) respectivamente. El inversor elegido es de tipo “aislado” con capacidad de 10 kWp, aunque es posible utilizar uno con una potencia ligeramente inferior, ya que las condiciones óptimas para alcanzar la máxima potencia de los paneles solares no están siempre garantizadas. Por ultimo las baterías son de tipo “OPzS”, ya que, en contraste con las OPzV, su costo es ocho veces inferior y son fácilmente accesibles en el país.

Las especificaciones de los equipos necesarios para el diseño del sistema fotovoltaico independiente y conectado a la red se encuentran detallados en las Tablas 17 y 18, respectivamente.

Tabla 17.
Características de los equipos usados en el sistema fotovoltaico independiente.

Modulo fotovoltaico			
<i>Marca</i>	JinkoSolar	<i>Vmp</i>	30.52 V
<i>Modelo</i>	TigerPro 54 HC	<i>Imp</i>	13.27 A
<i>Tecnología</i>	Monocristalino	<i>Voc</i>	37.06 V
<i>Potencia nominal</i>	405 Wp	<i>Isc</i>	13.85 A
<i>N celdas</i>	108 (2 × 54)	<i>Dimensiones</i>	1722× 1134 × 30 mm
<i>Peso</i>	22.0 kg (48.50 lbs)	<i>Eficiencia</i>	Mayor al 20%
Controlador de Carga			
<i>Marca</i>	Victron Energy	<i>Corriente carga nominal</i>	200 A
<i>Modelo</i>	RS SmartSolar	<i>Tensión FV CC máxima</i>	450 V
<i>Tipo</i>	MPPT	<i>Tensión de arranque</i>	120 V
<i>Tensión de sistema</i>	48 V	<i>Eficiencia</i>	96%

<i>Potencia FV nominal</i>	11500 W	<i>Peso</i>	13.7 Kg
Inversor			
<i>Marca</i>	Victron Energy	<i>Tensión de salida</i>	230 V en CA
<i>Modelo</i>	Quattro	<i>Tensión de sistema</i>	48 V
<i>Potencia de salida</i>	10.000	<i>Corriente de alimentación</i>	2 × 100 A
<i>Pico de potencia</i>	20.000	<i>Eficiencia</i>	96%
Batería			
<i>Marca</i>	Victron Energy	<i>Capacidad</i>	1830 Ah
<i>Modelo</i>	OPzS – 1830	<i>Voltaje</i>	2 V
<i>Tipo</i>	OPzS	<i>Peso</i>	66 Kg
<i>Celdas por unidad</i>	1	<i>Vida útil</i>	20 años
Wallbox			
<i>Marca</i>	eHome	<i>Potencia máxima de salida</i>	3.6 kW – 7.2 kW
<i>Modelo</i>	T2C32	<i>Corriente máxima de salida</i>	16 A – 32 A
<i>Tensión CA</i>	230 V CA +/- 10%	<i>Dimensiones</i>	315 × 180 × 110 mm

Nota. Elaborado por el autor.

Tabla 18.

Características de los equipos usados en el sistema fotovoltaico conectado a la red.

Modulo fotovoltaico			
<i>Marca</i>	JinkoSolar	<i>Vmp</i>	30.52 V
<i>Modelo</i>	TigerPro 54 HC	<i>Imp</i>	13.27 A
<i>Tecnología</i>	Monocristalino	<i>Voc</i>	37.06 V
<i>Potencia nominal</i>	405 Wp	<i>Isc</i>	13.85 A
<i>N celdas</i>	108 (2×54)	<i>Dimensiones</i>	1722 × 1134 × 30 mm
<i>Peso</i>	22.0 kg (48.50 lbs)	<i>Eficiencia</i>	Mayor al 20%
Inversor			
<i>Marca</i>	Fronius	<i>Rango de voltaje MPPT</i>	220 V – 480 V
<i>Modelo</i>	PRIMO	<i>Potencia máxima de salida</i>	9995 W
<i>Tipo</i>	MPPT	<i>Corriente máxima de salida</i>	41.6 A – 48.1 A
<i>Potencia FV recomendada</i>	8 – 12 kW	<i>Eficiencia</i>	96.7%
<i>Tensión máxima de entrada</i>	600 V	<i>Conexión a red</i>	208 V – 240 V
<i>Rango corriente MPPT</i>	33 A – 18 A	<i>Frecuencia</i>	60 Hz
Medidor bidireccional			
<i>Marca</i>	Fronius	<i>Frecuencia</i>	50 Hz – 60 Hz
<i>Modelo</i>	Smart Meter	<i>Autoconsumo</i>	1.2 W (60 Hz)
<i>Rango de voltaje de funcionamiento (línea a línea)</i>	166 V – 276 V	<i>Valor nominal máximo aparente fuerza</i>	4 VA
Wallbox			
<i>Marca</i>	eHome	<i>Potencia máxima de salida</i>	3.6 KW – 7.2 kW
<i>Modelo</i>	T2C32	<i>Corriente máxima de salida</i>	16 A – 32 A
<i>Tensión CA</i>	230 V CA +/- 10%	<i>Dimensiones</i>	315 × 180 × 110 mm

Nota. A diferencia del sistema fotovoltaico independiente, aquí no se usará un controlador de carga. En su lugar, se empleará un inversor de tipo " con conexión a red" que permite almacenar o extraer energía de la red eléctrica.

6.6. Resultados de simulación en el software PVsyst para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico BYD e5.

Después de finalizar el proceso de dimensionamiento del sistema fotovoltaico independiente descrito en la sección 5.10.1 presentamos los respectivos resultados en la Tabla 19.

Tabla 19.

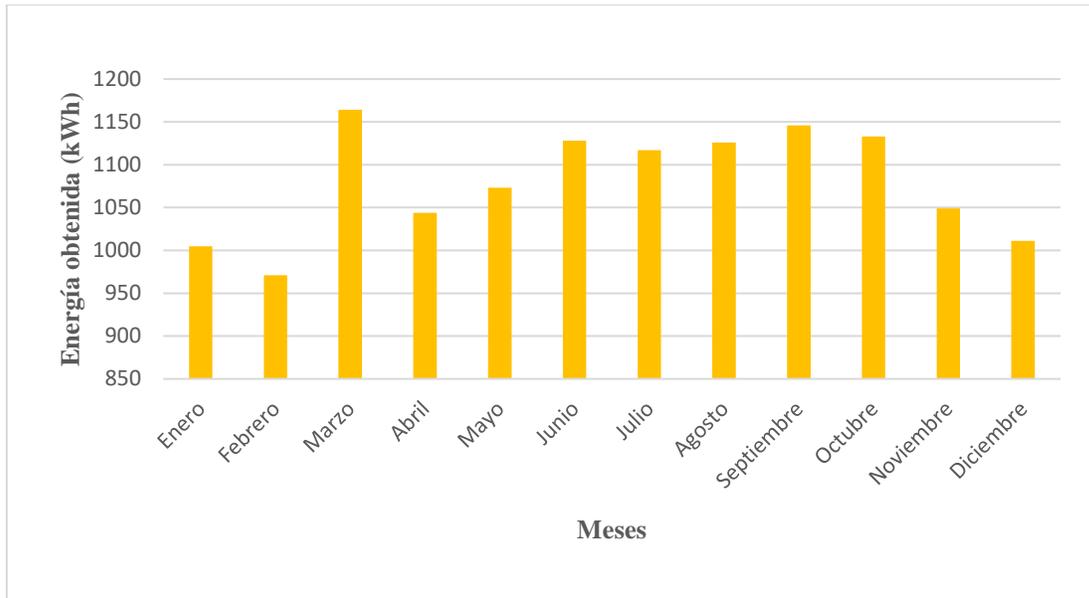
Parámetros y resultados de PVsyst para el sistema fotovoltaico independiente.

Principales parámetros del sistema fotovoltaico			
<i>Diseño del generador FV</i>	1 arreglo de: 12 paneles en serie × 2 paneles en paralelo.	<i>Potencia nominal</i>	9.72 kWp
<i>Angulo de inclinación de paneles</i>	15°	<i>Acimut</i>	0°
<i>Área</i>	48 m ²	<i>Necesidad de usuario</i>	13.939 kWh/año
<i>Autonomía</i>	2.1 días	<i>Capacidad de baterías</i>	1830 Ah
Resultados de simulación			
<i>Energía producida</i>	12.964 kWh/año	<i>Producción específica</i>	1.334 kWh/kWp/año
<i>Factor de rendimiento</i>	76.8 %	<i>Ahorro de energía</i>	93 %

Nota. Elaborado por el autor

A continuación, en la Figura 43 presentamos la cantidad de energía obtenida anualmente del sistema fotovoltaico independiente, destacando que el mes de marzo registra la cifra más elevada de producción, alcanzando los 1164 kWh.

Figura 44.
Energía obtenida anualmente del sistema fotovoltaico independiente.



Nota. Elaborado por el autor.

Como se evidenció en la sección 5.10.2 para obtener un buen resultado de dimensionamiento del sistema fotovoltaico conectado a la red, determinamos el tamaño del inversor estimando una pérdida aceptable por sobrecarga durante su funcionamiento. Es decir, se busca entender y cuantificar las pérdidas que pueden ocurrir debido a la variabilidad de las condiciones operativas y a las limitaciones específicas relacionadas con la potencia en la fase de corriente continua del sistema fotovoltaico. La Tabla 20 presenta los respectivos resultados.

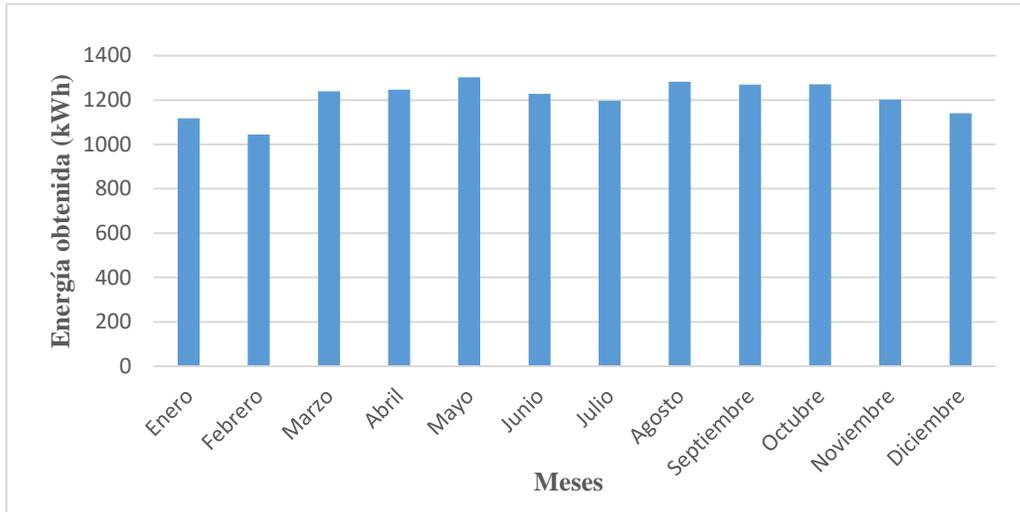
Tabla 20.
Parámetros y resultados de PVsyst para el sistema fotovoltaico conectado a la red.

Principales parámetros del sistema fotovoltaico			
<i>Diseño del generador FV</i>	1 arreglo de: 12 paneles en serie × 2 paneles en paralelo.	<i>Potencia nominal</i>	9.7 kWp
<i>Angulo de inclinación de paneles</i>	15°	<i>Acimut</i>	0°
<i>Área</i>	48 m ²	<i>Necesidad de usuario</i>	13.939 kWh/año
<i>Numero de inversores</i>	1	<i>Potencia de CA nominal</i>	9 kW CA
Resultados de simulación			
<i>Energía producida</i>	14.541 kWh/año	<i>Producción específica</i>	1.496 kWh/kWp/año
<i>Factor de rendimiento</i>	86.1 %	<i>Ahorro de energía</i>	104 %

Nota. Elaborado por el autor

A continuación, en la Figura 44 mostramos la cantidad de energía obtenida anualmente del sistema fotovoltaico conectado a la red, resaltando que el mes de mayo presenta la cifra más alta de producción, alcanzando los 1303 kWh.

Figura 45.
Energía obtenida anualmente del sistema fotovoltaico conectado a la red.



Nota. Elaborado por el autor

Es importante destacar que los sistemas fotovoltaicos de los vehículos eléctricos BYD e5 y Kia Soul permiten la carga de 1 solo vehículo, ya que a su dimensionamiento se lo realizó con el promedio de consumo eléctrico diario en cada uno de sus domicilios, en cambio, para la electrolinera del estadio reina del cisne se pueden cargar 2 vehículos eléctricos a la vez debido a que se disponen de 2 cargadores.

Para los vehículos eléctricos BYD e5 las baterías se mantienen en un rango de 9.5 kWh a 38 kWh, necesitando 28.5 kWh al día, con este valor, la potencia del cargador de 7.4 kW y el uso de la ecuación (49), tenemos que el tiempo de carga 3.85 horas o 3 h 51 min.

Por último, debido a que estos vehículos son de uso público el tiempo de descarga va a hacer de 6 a 7 horas o una de dos jornadas laborales, por ende, para laborar normalmente 12 horas o recorrer 250 km fue necesario que hagan 2 cargas en el día, una en los domicilios de 5 h y otra en la electrolinera de 25 min.

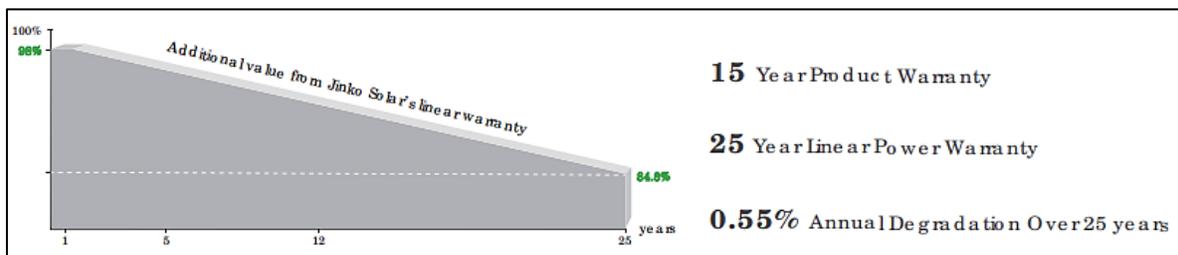
6.7. Análisis económico para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico BYD e5.

La principal cualidad económica de las instalaciones fotovoltaicas radica en la gratuidad de su principal "combustible", la radiación solar. La ejecución de un análisis económico para una instalación de energía solar fotovoltaica suele ser relativamente compleja debido a la incertidumbre asociada al desarrollo de un estudio que sea adaptable a diversos escenarios y condiciones. Esto se debe a que cada aplicación presenta sus propias características y limitaciones. Por esta razón Moreno, (2023) recomienda que la evaluación económica de instalaciones fotovoltaicas debe realizarse de manera individualizada para cada escenario y contexto en particular. Esto implica considerar diversos factores, como la cantidad de energía eléctrica a generar, la esperada duración del sistema, desafíos asociados al acceso a la red eléctrica convencional, restricciones económicas, limitaciones de espacio, entre otros.

La viabilidad económica de un sistema fotovoltaico ya sea independiente o conectado a la red, se explica considerando el periodo de amortización, que es el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial. A diferencia de un sistema fotovoltaico conectado a la red, que puede buscar obtener beneficios económicos al vender electricidad a empresas distribuidoras locales, los sistemas fotovoltaicos independientes están diseñados para suministrar energía a áreas que carecen de acceso a la red eléctrica.

El análisis económico de los sistemas fotovoltaicos dimensionados parte de la estimación de que los paneles solares operarán alrededor de 25 años, pudiendo extenderse hasta 40 años con mantenimiento adecuado. Sin embargo, su eficiencia disminuye con el tiempo, mostrando una degradación anual del 0.55% según la Figura 45.

Figura 46.
Porcentaje de degradación anual del panel solar Jinko Solar TigerPro 54HC 405 Watt



Nota. Adaptado de: JinkoSolar.

Seguidamente consideraremos una tasa de disminución anual del 2% en la demanda de energía eléctrica. Esto se debe a que, inicialmente, la capacidad de almacenamiento de la batería de estos vehículos eléctricos era de 51.20 kWh, y en la actualidad, ha disminuido a 38.19 kWh, representando una reducción de 13.01 kWh en un periodo de 6 años, equivalente a una disminución del 2.16% por año. Por otro lado, estimamos un aumento anual del 1% en el precio de la energía eléctrica y, finalmente, un incremento del 1% en el valor anual de operación y mantenimiento (O&M), que representa el 1% del presupuesto total del sistema fotovoltaico independiente presentado en la Tabla 21.

Tabla 21.
Presupuesto total del sistema fotovoltaico independiente.

Equipos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Panel Jinko Solar TigerPro 54HC 405 Watt.	24	221.76	5322.24
Controlador de carga Victron Energy MPPT RS SmartSolar 450 200 – Aislado.	1	1477.48	1477.48
Inversor Victron Energy Quattro 48/10.000/110-100/100.	1	3290	3290
Batería Victron Energy OpzS Solar 2 V – 1830 Ah	24	708	16992
Wallbox	1	849	849
Protecciones DC	1	180	180
Protecciones AC	1	312	312
Estimado de cables y conectores	1	500	500
Total			28922.72

Nota. Es importante destacar que varios de estos equipos son importados, por lo que los precios reflejados son valores actualizados a la fecha en que se llevaron a cabo las consultas para la elaboración de este informe.

En la Tabla 22 se muestran todas las variables implicadas en el análisis económico del sistema fotovoltaico independiente para el vehículo eléctrico BYD e5. Se puede apreciar que el periodo de amortización o recuperación de la inversión realizada se da entre los 20 y 21 años. Aunque el período de amortización haya terminado, la instalación fotovoltaica puede continuar generando beneficios económicos y ambientales a lo largo de su vida útil, que suele ser más larga que el período de amortización.

Tabla 22.*Cálculo del periodo de amortización del sistema fotovoltaico independiente.*

Año	Degradación (%)	Energía Producida (kWh)	Consumo (kWh)	Precio de la Energía (USD/KWh)	Ahorro monetario (USD)	O&M (USD)	Flujo de Caja	Amortización
0	0.00	0.00	13939.35	0.105	0.00	0.00	- 28922.72	
1	0.55	12892.69	13660.56	0.106	1448.02	289.22	1158.8	-27763.92
2	1.1	12821.78	13387.35	0.107	1432.45	292.11	1140.34	-26623.58
3	1.65	12751.26	13119.6	0.108	1416.92	295.03	1121.89	-25501.69
4	2.2	12681.13	12857.21	0.109	1401.44	297.98	1103.46	-24398.23
5	2.75	12611.38	12600.07	0.111	1398.61	300.96	1097.65	-23300.58
6	3.3	12542.02	12348.07	0.112	1382.98	303.97	1079.01	-22221.57
7	3.85	12473.04	12101.11	0.113	1367.43	307.01	1060.42	-21161.15
8	4.4	12404.44	11859.09	0.114	1351.94	310.08	1041.86	-20119.29
9	4.95	12336.22	11621.91	0.115	1336.52	313.18	1023.34	-19095.95
10	5.5	12268.37	11389.47	0.116	1321.18	316.31	1004.87	-18091.08
11	6.05	12200.89	11161.68	0.117	1305.92	319.47	986.45	-17104.63
12	6.6	12133.79	10938.45	0.118	1290.74	322.66	968.08	-16136.55
13	7.15	12067.05	10719.68	0.119	1275.64	325.89	949.75	-15186.8
14	7.7	12000.68	10505.29	0.121	1271.14	329.15	941.99	-14244.81
15	8.25	11934.68	10295.18	0.122	1256.01	332.44	923.57	-13321.24
16	8.8	11869.04	10089.28	0.123	1240.98	335.76	905.22	-12416.02
17	9.35	11803.76	9887.49	0.124	1226.05	339.12	886.93	-11529.09
18	9.9	11738.84	9689.74	0.125	1211.22	342.51	868.71	-10660.38
19	10.45	11674.28	9495.95	0.126	1196.49	345.94	850.55	-9809.83
20	11	11610.07	9306.03	0.127	1181.87	349.4	832.47	-8977.36
21	11.55	11546.21	9119.91	1.127	10278.14	352.89	9925.25	947.89
22	12.1	11482.71	8937.51	2.127	19010.08	356.42	18653.66	19601.55
23	12.65	11419.56	8758.76	3.127	27388.64	359.98	27028.66	46630.21
24	13.2	11356.75	8583.58	4.127	35424.43	363.58	35060.85	81691.06
25	13.75	11294.29	8411.91	5.127	43127.86	367.22	42760.64	124451.7

Nota. Elaborado por el autor.

En el análisis económico del sistema fotovoltaico conectado a la red, vamos a considerar las mismas variables que en el análisis económico del sistema fotovoltaico independiente. Con la única diferencia que, como se puede apreciar en la Tabla 23, el presupuesto total experimentará una reducción significativa al reemplazar las baterías físicas por una batería virtual, que en este caso sería la red eléctrica.

Tabla 23.
Presupuesto total del sistema fotovoltaico conectado a la red.

Equipos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Panel Jinko Solar Tiger Pro 54HC 405 Watt.	24	222	5328
Inversor Fronius Primo 10.0 – 1, 208 – 240	1	3462	3462
Medidor bidireccional Fronius Smart Meter 240 V – 3UL	1	870	870
Wallbox	1	849	849
Protecciones DC	1	112	112
Protecciones AC	1	312	312
Estimado de cables y conectores	1	424	424
Total			11357

Nota. Elaborado por el autor.

En la Tabla 24 se muestran todas las variables implicadas en el análisis económico del sistema fotovoltaico conectado a la red para el vehículo eléctrico BYD e5. Se puede apreciar que el periodo de amortización o recuperación de la inversión realizada se da entre los 8 y 9 años. A partir de ese punto, el sistema fotovoltaico solo genera ventajas, ya que no se realiza ningún pago por la energía obtenida durante las horas en las que los paneles solares están operativos. El único consumo proveniente sería de la red en el período en que los paneles no estén captando energía solar.

Tabla 24.*Cálculo del periodo de amortización del sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Año	Degradación (%)	Energía Producida (kWh)	Consumo de Energía (kWh)	Energía extraída (+) o almacenada (-) a la red (kWh)	Costo de la Energía (USD/KWh)	Ahorro monetario (USD)	O&M (USD)	Flujo de Caja	Amortización
0	0.00	0.00	13939.35	13939.35	0.105	0.00	0.00	-11357	
1	0.55	14461.02	13660.56	-800.46	0.106	1448.02	113.57	1334.45	-10022.55
2	1.1	14381.48	13387.35	-994.13	0.107	1432.45	114.71	1317.74	-8704.81
3	1.65	14302.38	13119.6	-1182.78	0.108	1416.92	115.86	1301.06	-7403.75
4	2.2	14223.72	12857.21	-1366.51	0.109	1401.44	117.02	1284.42	-6119.33
5	2.75	14145.49	12600.07	-1545.42	0.111	1398.61	118.19	1280.42	-4838.91
6	3.3	14067.69	12348.07	-1719.62	0.112	1382.98	119.37	1263.61	-3575.3
7	3.85	13990.32	12101.11	-1889.21	0.113	1367.43	120.56	1246.87	-2328.43
8	4.4	13913.37	11859.09	-2054.28	0.114	1351.94	121.77	1230.17	-1098.26
9	4.95	13836.85	11621.91	-2214.94	0.115	1336.52	122.99	1213.53	115.27
10	5.5	13760.75	11389.47	-2371.28	0.116	1321.18	124.22	1196.96	1312.23
11	6.05	13685.07	11161.68	-2523.39	0.117	1305.92	125.46	1180.46	2492.69
12	6.6	13609.8	10938.45	-2671.35	0.118	1290.74	126.71	1164.03	3656.72
13	7.15	13534.95	10719.68	-2815.27	0.119	1275.64	127.98	1147.66	4804.38
14	7.7	13460.51	10505.29	-2955.22	0.121	1271.14	129.26	1141.88	5946.26
15	8.25	13386.48	10295.18	-3091.3	0.122	1256.01	130.55	1125.46	7071.72
16	8.8	13312.85	10089.28	-3223.57	0.123	1240.98	131.86	1109.12	8180.84
17	9.35	13239.63	9887.49	-3352.14	0.124	1226.05	133.18	1092.87	9273.71
18	9.9	13166.81	9689.74	-3477.07	0.125	1211.22	134.51	1076.71	10350.42
19	10.45	13094.39	9495.95	-3598.44	0.126	1196.49	135.86	1060.63	11411.05
20	11	13022.37	9306.03	-3716.34	0.127	1181.87	137.22	1044.65	12455.7
21	11.55	12950.75	9119.91	-3830.84	1.127	10278.14	138.59	10139.55	22595.25
22	12.1	12879.52	8937.51	-3942.01	2.127	19010.08	139.98	18870.1	41465.35
23	12.65	12808.68	8758.76	-4049.92	3.127	27388.64	141.38	27247.26	68712.61
24	13.2	12738.23	8583.58	-4154.65	4.127	35424.43	142.79	35281.64	103994.25
25	13.75	12668.17	8411.91	-4256.26	5.127	43127.86	144.22	42983.64	146977.89

Nota. Elaborado por el autor.

6.8. Socialización con instituciones encargadas.

La socialización del presente trabajo de investigación con algunas instituciones encargadas se la realizó en la ciudad de Loja entre el 12 y 22 de febrero del 2024 donde se logró dialogar con personas pertenecientes a instituciones como: la Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A. (EERSSA), compañía “Electri Loja Ecolosur SA” y BYD E – Motors Ecuador S.A, la misma fue con el objetivo de analizar la viabilidad técnica y económica de los diferentes diseños de sistemas fotovoltaicos independientes y conectados a la red para cargar vehículos eléctricos que prestan servicio de taxis en la ciudad. Entre los comentarios más destacados tenemos:

- La Empresa Eléctrica Regional del Sur recomendó el cumplimiento de las normativas de generación distribuida, pues destacó que el límite de potencia instalada debe ser de hasta 1 MW para instalaciones corporativas y 100 kW para residenciales. Además, que el convenio con la empresa eléctrica tiene una vigencia de 25 años, con opción de renovación, y que los usuarios pueden acumular los excedentes de energía generada durante un período máximo de 24 meses. También se sugirió la realización de un estudio de impacto ambiental es decir que cantidad de CO₂ se puede reducir con la utilización de este tipo de sistemas.
- La compañía Electri Loja Ecolosur SA expresó su interés en este tipo de proyectos señalándolo como una gran oportunidad de reducir costos operativos ya que el precio de la electricidad producida por energía solar será menor a largo plazo en comparación con el uso de combustibles fósiles o energía convencional de la red. Asimismo, manifestó la importancia de gestionar créditos o subsidios que faciliten tanto la adopción de esta tecnología como la sustitución de las baterías en sus vehículos eléctricos, dado que muchos están cerca de completar su vida útil. Finalmente, destacó la necesidad de ubicar estratégicamente las electrolineras para garantizar un acceso rápido y reducir los tiempos de carga, optimizando así el servicio.
- BYD E-Motors Ecuador SA, como líder en innovación en vehículos eléctricos y soluciones energéticas, podría ofrecer su experiencia, productos y servicios clave para asegurar el éxito del proyecto. Resaltando los beneficios tanto ambientales como económicos, para los taxistas como y la comunidad en general. Su principal interés se centró en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, destacando la ventaja de su corto período de amortización. Además, recomendó realizar un análisis de la infraestructura de la red

eléctrica para garantizar que tenga la capacidad necesaria para integrar satisfactoriamente esta tecnología.

A través del proceso de socialización, se lograron conocer diversas opiniones sobre una posible implementación de este tipo de sistemas fotovoltaicos. A pesar de las preocupaciones y desafíos planteados, todos los participantes coincidieron en un interés común por la adopción de energías limpias y sostenibles, reconociendo la importancia de este tipo de tecnologías para el futuro de la ciudad. Además, expresaron su deseo de que Loja recupere su reputación como una de las ciudades más ecológicas de Ecuador, promoviendo un modelo de desarrollo urbano más respetuoso con el medio ambiente y alineado con las tendencias globales de sostenibilidad. Este consenso refleja un fuerte compromiso colectivo para avanzar hacia un futuro más verde y energéticamente responsable.

7. Discusión

Este proyecto de investigación ha proporcionado una comprensión más profunda de diversos diseños fotovoltaicos que podrían ser empleados para la carga de vehículos eléctricos, tanto en entornos rurales como urbanos, dentro de la ciudad de Loja. Su importancia radica en su capacidad para abordar desafíos energéticos y medioambientales, al mismo tiempo que fomentan la adopción de tecnologías más sostenibles y eficientes en el ámbito del transporte eléctrico.

Con el fin de cumplir con el primer objetivo específico, que consiste en **"Determinar el consumo eléctrico y características técnicas de conexión necesarias para cargar vehículos eléctricos particulares y de la electrolinera en la ciudad de Loja"**, se llevaron a cabo encuestas dirigidas a los propietarios de vehículos (taxis) eléctricos. Durante este proceso, se recabó información crucial acerca del estado de sus vehículos. Además, utilizando sus números de identificación (cédula), se empleó el "Geoportal Eléctrico (ArcGIS)" para localizar y analizar el promedio de consumo eléctrico diario, así como para identificar las especificaciones técnicas de conexión necesarias para cargar eficientemente sus vehículos eléctricos.

Con el propósito de llevar a cabo el segundo objetivo específico, que consiste en **"Dimensionar técnica y económicamente un prototipo de sistema fotovoltaico híbrido, con conexión a la red y almacenamiento, que cubra el consumo de vehículos eléctricos"**, se inició con la revisión detallada de diversos modelos matemáticos relacionados con el diseño de sistemas fotovoltaicos. Este proceso permitió obtener una comprensión clara de las características de los equipos involucrados. Posteriormente, se determinó la potencia necesaria y se procedió a la búsqueda de equipos eficientes y económicamente viables, alineados con la potencia a ser instalada.

A continuación, se utilizó el software AutoCAD para crear los esquemas de conexión y distribución de los sistemas fotovoltaicos autónomos, destinado a áreas rurales sin acceso a la red eléctrica, y otro sistema fotovoltaico con conexión a la red eléctrica, diseñado para entornos urbanos. Ambos diseños fueron simulados en la plataforma PVsyst, verificando su correcta ejecución y proporcionando información detallada sobre la energía generada a lo largo de un año, el factor de rendimiento, entre otros aspectos relevantes.

Finalmente, se llevó a cabo un análisis económico para cada uno de los diseños, utilizando los equipos identificados en el proceso de diseño, y se calcularon los períodos de amortización respectivos. Cabe recalcar que la rentabilidad de los sistemas fotovoltaicos propuestos puede verse comprometida debido a la significativa infraestructura requerida para su implementación y al prolongado período necesario para recuperar la inversión. Esto es especialmente relevante en el caso de los sistemas fotovoltaicos independientes, cuyo periodo de amortización oscila entre 20 y 22 años.

En relación con el tercer objetivo, orientado a **“Socializar la propuesta con las instituciones encargadas para analizar la posible implementación del sistema fotovoltaico híbrido”**, en primer lugar, llevamos a cabo la identificación de las instituciones responsables. Acto seguido, solicitamos la oportunidad de compartirlas la propuesta y coordinamos la fecha para llevar a cabo dicha socialización. Luego, nos dedicamos a la preparación de material informativo, el cual fue presentado en la fecha acordada con el fin de proporcionar información exhaustiva durante el proceso de socialización.

8. Conclusiones

- De acuerdo con los resultados de las encuestas llevadas a cabo entre los propietarios de vehículos (taxis) eléctricos, se puede deducir que la autonomía de sus baterías experimenta una disminución anual del 2% con el paso del tiempo.
- La posición geográfica de la ciudad de Loja confiere una relevancia significativa a los proyectos centrados en la producción de electricidad mediante sistemas fotovoltaicos, debido al elevado índice de irradiación presente en esta área.
- Mientras que los sistemas fotovoltaicos independientes ofrecen notables ventajas en regiones apartadas sin acceso a la red eléctrica convencional, los sistemas fotovoltaicos conectados a la red canalizan los excedentes de energía hacia la misma, generando créditos que el usuario puede utilizar para equilibrar el consumo en periodos sin luz solar. Esta conexión también contribuye a la estabilidad de la red durante periodos de alta demanda.
- Según el software PVsyst en los sistemas fotovoltaicos independientes, la optimización de orientación de los paneles se realiza con respecto a los meses de invierno o los meses estratégicamente seleccionados porque durante el invierno el sol tiende a tener una trayectoria más baja en el cielo, lo que significa que los paneles deben ajustarse para captar la mayor cantidad de luz posible. Por el contrario, en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, la optimización se realiza considerando el rendimiento de irradiación anual, ya que estos sistemas suelen tener la capacidad de exportar el excedente de energía a la red eléctrica. Maximizar el rendimiento a lo largo de todo el año garantiza una contribución constante y eficiente a la red, independientemente de las variaciones estacionales.
- A diferencia del periodo de amortización de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, el del sistema fotovoltaico independiente es relativamente más largo ya que este es considerablemente más costoso debido a la inclusión de controladores de carga y baterías. La incorporación de estas unidades de distribución y almacenamiento pueden llegar a duplicar el presupuesto total necesario para la implementación de estos sistemas, lo que representa un desafío económico adicional para aquellos que buscan la independencia energética.
- Debido a la infraestructura necesaria para su posible implementación, se puede concluir que estos diseños resultan más viables para empresas o negocios, en lugar de estar

orientados a un único usuario. Por lo tanto, una opción más práctica sería enfocarse en cubrir una parte de la demanda energética o considerar el uso de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica, que ofrecen una mayor integración y flexibilidad.

- La socialización de la propuesta fue exitosa, permitiendo identificar y adaptar aspectos claves para la viabilidad del proyecto en términos normativos, técnicos y sociales. Las instituciones muestran interés y disposición a colaborar en etapas futuras de implementación, lo que fortalece la posibilidad de éxito de los sistemas fotovoltaicos independientes y conectados a la red en la ciudad de Loja.

9. Recomendaciones

- Para instalaciones fotovoltaicas cuya capacidad sea igual o superior a 3 kWp, se recomienda que la tensión del sistema se establezca en 48 V. Esta elección de tensión es particularmente sugerida para garantizar un rendimiento óptimo y una eficiencia energética superior en sistemas de gran magnitud, contribuyendo así a una gestión más eficaz de la energía generada.
- Después de determinar la potencia necesaria para cada uno de los diseños propuestos, se procedió con la planificación de la instalación. Este proceso implicó seleccionar equipos que fueran óptimos en términos de eficiencia y coste, alineados con la potencia a instalar. Se sugiere que, en casos donde algunos de estos equipos no cumplan con las especificaciones de instalación requeridas, se interconecten estratégicamente en serie o paralelo para asegurar su adecuación a dichas especificaciones.
- Se recomienda mantener la igualdad en la potencia de los strings en un sistema fotovoltaico debido a que proporciona beneficios tanto en términos de rendimiento óptimo como en la simplificación del diseño y mantenimiento, contribuyendo así a un funcionamiento eficiente y seguro del sistema solar.
- Por seguridad en la mayoría de los diseños propuestos se recomienda la conexión de las baterías en serie ya que la corriente total del circuito se mantiene constante mientras se suma el voltaje de cada batería. Esto significa que, para obtener la tensión necesaria, no es necesario aumentar la corriente. Menos corriente puede reducir el riesgo de generación de calor excesivo en las conexiones y dispositivos eléctricos, lo que contribuye a un sistema más seguro.
- La lectura del presente documento puede servir como base para la elaboración de futuros trabajos en el ámbito de las energías renovables y su aplicación en la electromovilidad. Abriendo oportunidades para la innovación en la intersección de estos dos tipos de tecnología.

10. Bibliografía

- AEADE. (2021). *ANUARIO 2021*. <https://www.aeade.net/>
- AEADE. (2023). *ANUARIO 2023*. <https://www.aeade.net/>
- Alvarado, J., de Guevara, L., Javier, F., & Alejo, S. (2018). *DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA*.
- Álvarez Hernández, O. H., Montaña Peralta, T. E., Maldonado, J. L., & Índice, C. (2018). *COMPENDIO DE APUNTES SOBRE ENERGÍA RENOVABLE Y CLIMA DE LA REGIÓN SUR DE ECUADOR*.
- Dennis Cardenas, Nicol Alegria. (2023). Diseño de un prototipo de electrolinera para la recarga de vehículos eléctricos usando energía fotovoltaica. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10406>.
- Diego Vaca, & Freddy Ordoñez. (2019). *Mapa_Solar_del_Ecuador_2019*.
- Edwin Satuquina, Carlos Tenorio. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de electrolineras y su impacto en la red eléctrica residencial. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9312/1/PI-002146.pdf>.
- Electrosistemas. (2020). *Sistemas Híbridos*. ELECTROSISTEMAS. <https://www.electrosistemas.com.ar/sistemas-hibridos/#:~:text=Un%20sistema%20fotovoltaico%20solar%20h%C3%ADbrido,forma%20ambas%20fuentes%20de%20Energ%C3%ADa>.
- Héctor Cornejo. (2013). *SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE CONEXIÓN A RED EN EL CENTRO MATERNO INFANTIL DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA*.
- Hernández Francisco. (2023). Baterías virtuales ¿Qué son y cómo funcionan? SotySolar. <https://sotysolar.es/blog/bateriavirtual#:~:text=Una%20batería%20virtual%20es%20un,lugar%20de%20utilizar%20baterías%20físicas>.
- Haro, I. (2023). Batería virtual y autoconsumo solar para tener facturas a 0€. <https://selectra.es/autoconsumo/info/tarifas/bateria-virtual>
- IDAE. (2011). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*. www.idae.es
- IngenierosTop. (2019). *¿Qué es un vehículo eléctrico y cómo funciona?* INGENIEROSTOP. <https://ingenierostop.com/articulos/14-%C2%BFQue-es-un-vehiculo-electrico-y-como-funciona?>
- Ismael, J., Ojeda, J., Augusto, A., & Marizaca, U. (2021). *ANÁLISIS DE LA UBICACIÓN DE ELECTROLINERAS EN LA CIUDAD DE LOJA*.

- Juan Sancho, Jesús Riesgo, Carlos Jiménez, Carmen Sánchez, José Montero, & María Lopez. (2012). *Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT.*
- J.G. Villareal, C.C.Cuji. *Vista de diseño y evaluación de un sistema fotovoltaico aislado para iluminación en vías rurales y carga de vehículos eléctricos basado en un enfoque multipropósito.* (s. f.-b). <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/614/907>
- Leonardo, C., Pinzón, G., Ponce Corral, C., Alberto, R., Nájera, V., & Campos, D. A. (2015). *Selección de un sistema solar fotovoltaico para un vehículo eléctrico.*
- Manchay, D. (2021). “ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR UBICADA EN LA PARROQUIA NUEVA FÁTIMA DEL CANTÓN SOZORANGA.”
- María Martínez. (2022). Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 10 kW para abastecer las necesidades eléctricas de un edificio de oficinas en Rafelbuñol (Valencia). <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/186584/Martinez%20-%20Diseno%20de%20una%20instalacion%20solar%20fotovoltaica%20de%2010%20kW%20para%20abastecer%20las%20necesidades%20e....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Maria Alegre Buj. (2017). *Modelado del vehículo eléctrico e híbrido paralelo por medio de Matlab/Simulink y planificación de estaciones de carga mediante sistemas de información geográfica y algoritmos genéticos.* <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=121074>
- Manuel Meléndez. (2023). Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para la demanda de energía eléctrica de las oficinas académicas del pabellón H de la Universidad Politécnica Amazónica. https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/196/TESIS_Melendez-Rojas_Manuel_Gabriel.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MINEM - DGE. (2006). Código Nacional de Electricidad - Utilización. Ministerio de Energía y Minas, de Lima.
- Nil's Aguirre. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica pública para la i.e n° 16531, puerto Chinchipe – san Ignacio. http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/203/1/Aguirre_PNE.pdf
- Orozco Jaramillo, K. R., & Ordóñez Mendieta, Á. J. (2019). Diseño e implementación de una red de sensores para el monitoreo de los niveles de radiación solar en la ciudad de Loja. *MASKAY*, 10(1), 44. <https://doi.org/10.24133/maskay.v10i1.1523>

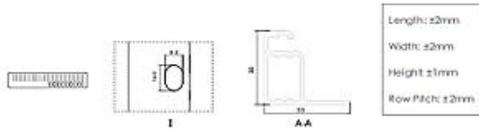
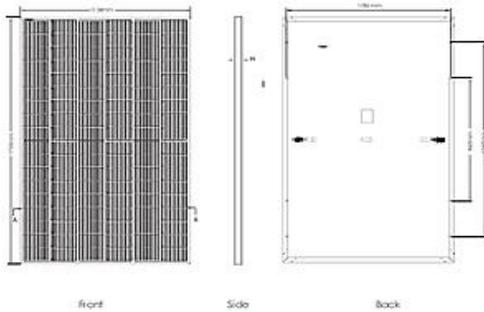
- Paute, J., David, R., Tacuri, C., Ángel, M., Pacheco, J., & Luis, J. (2020). *Unidad autónoma de provisión de energía*.
- PVsys. (n.d.). PVsys Photovoltaic Software. Retrieved from <https://www.pvsys.com/>
- PLC Madrid. (2013). *INSTALACIONES GENERADORAS DE BAJA TENSIÓN*.
- Real Decreto BOE. (2011). *BOE-A-2011-19242-consolidado*.
- Renova. (2018). *Sistemas Solares Fotovoltaicos Conectados o de Conexión a Red Pública*. RENOVA. <https://www.renova-energia.com/energia-renovable/energia-solar-fotovoltaica-conexion-de-red/#:~:text=Las%20principales%20componentes%20de%20un,alterna%2C%20cuya%20funci%C3%B3n%20es%20adecuar>
- Resolución Nro. 5/18 ARCONEL. (2018). *Pliego-Tarifario-codificado*.
- Romero, I. (2021). *INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO VIDA NUEVA*. <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/bitstream/123456789/143/1/ROMERO%20TUBON%20LEONARDO%20IVAN.pdf>
- Sangurima, W. E. J. (2019). *Taxis eléctricos en la ciudad de Loja-Ecuador* (Vol. 40). <https://www.researchgate.net/publication/333891109>
- Solar Inc. (2022). *Medidor bidireccional CFE ¿Qué es? Y ¿Cómo funciona?* Solar Inc Monterrey; Solar Inc. <https://www.energiasolarinc.com/medidor-bidireccional-cfe/>
- Vélez Jose. (2020). *METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DEL POTENCIAL SOLAR EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR*. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23556/1/Freddy%20Jos%c3%a9_%20V%c3%a9lez%20%20Medina.pdf
- Inc. <https://www.energiasolarinc.com/medidor-bidireccional-cfe/>
- Wilmar Moreno. (2023). *Estudio de viabilidad técnico-económica de generación de energía eléctrica a partir de energía solar fotovoltaica en la isla de San Andrés*. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/83674/80855008.2023.pdf.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Wilmar Alexis, & Sebastián Sánchez. (2021). *FDC 125 WA-SS*.

11. Anexos

Anexo 1. Hojas de datos de los equipos utilizados en el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico independiente para el vehículo eléctrico BYD e5.

- Panel Jinko Solar Tiger Pro 54HC 405 Watt.

Engineering Drawings

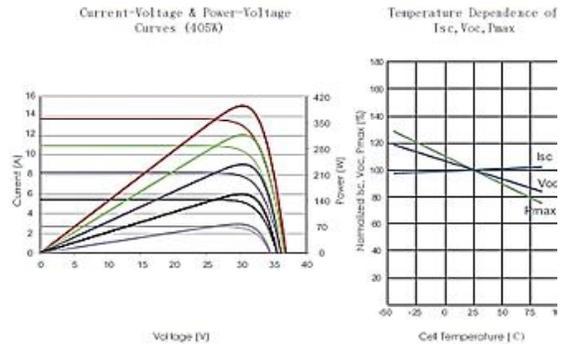


Packaging Configuration

[Two pallets = One stack]

36pcs/pallets, 72pcs/stack, 936pcs/ 40HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	108 (2x54)
Dimensions	1722×1134×30mm (67.80×44.65×1.18 inch)
Weight	22.0 kg (48.50 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM395M-54HL4		JKM400M-54HL4		JKM405M-54HL4		JKM410M-54HL4		JKM415M-54HL4	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	395Wp	294Wp	400Wp	298Wp	405Wp	301Wp	410Wp	305Wp	415Wp	309Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	30.32V	28.26V	30.42V	28.42V	30.52V	28.56V	30.62V	28.72V	30.79V	28.88V
Maximum Power Current (Imp)	13.03A	10.40A	13.15A	10.47A	13.27A	10.55A	13.39A	10.62A	13.48A	10.69A
Open-circuit Voltage (Voc)	36.90V	34.83V	36.98V	34.90V	37.06V	34.98V	37.14V	35.05V	37.31V	35.21V
Short-circuit Current (Isc)	13.71A	11.07A	13.78A	11.13A	13.85A	11.19A	13.92A	11.24A	14.01A	11.32A
Module Efficiency STC (%)	20.23%		20.48%		20.74%		21.00%		21.25%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

- Controlador de carga Victron Energy MPPT RS SmartSolar 450|200 – Aislado.

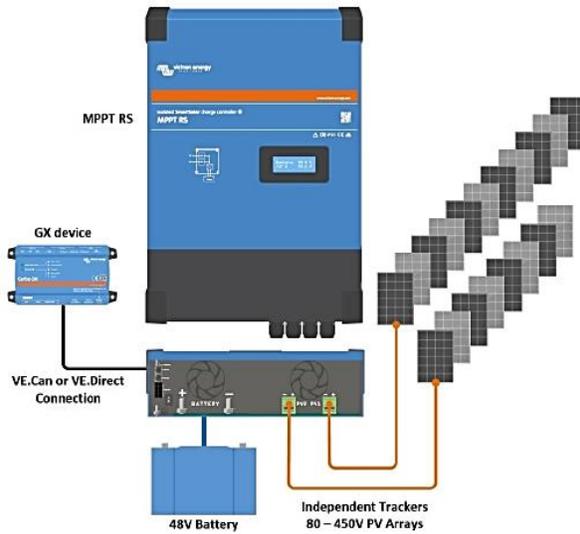
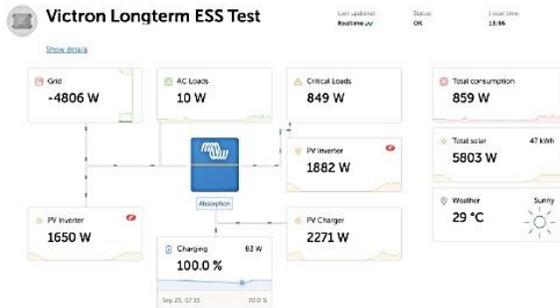


Diagrama de ejemplo de sistema
El MPPT RS de 100 A combinado con un dispositivo GX, cargando una batería de 48 V con dos cadenas FV solares separadas.

Portal VRM

Cuando el MPPT RS esté conectado a un dispositivo GX con conexión a Internet, o al GlobalLink 520 con conectividad 4G integrada, podrá acceder a nuestro sitio web gratuito de seguimiento a distancia (VRM). Le mostrará todos los datos de su sistema en un completo formato gráfico. Se pueden recibir alarmas por correo electrónico.



MPPT RS SmartSolar aislado	450 100	450 200
CARGADOR		
Tensión de la batería	48 V	
Corriente de carga nominal	100 A	200 A
Potencia de carga máxima	5,8 kW a 57,6 V	11,5 kW a 57,6 V
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 57,6 V (regulable)	
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 55,2 V (regulable)	
Rango de tensión programable	Mínima: 36 V Máxima: 60 V ⁽²⁾	
Algoritmo de carga	Adaptativo multifase (regulable)	
Sensor de temperatura de la batería	Incluido	
Eficiencia máxima	96 %	
Autoconsumo	15 mA	
SOLAR		
Tensión FV CC máxima	450 V	
Tensión de arranque	120 V	
Rango de tensión de trabajo del MPPT	80 – 450 V ⁽¹⁾	
Número de rastreadores	2	4
Máxima corriente de entrada operativa FV	18 A por rastreador	
Máxima corriente de corto circuito FV ⁽²⁾	20 A por rastreador	
Máxima potencia de carga de salida CC	4000 W por rastreador 5760 W total	4000 W por rastreador 11520 W total
Tamaño máximo del conjunto FV por rastreador ⁽³⁾	7200 Wp (450 V x 20 A) ⁽³⁾	
Nivel de fallo del aislamiento FV ⁽⁴⁾	100 kΩ	
GENERAL		
Funcionamiento en paralelo sincronizado	Sí, hasta 25 unidades con VE.Can	
Relé programable ⁽⁵⁾	Sí	
Protección	Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobretensión	
Comunicación de datos	Puerto VE.Direct, puerto VE.Can y Bluetooth (6)	
Frecuencia Bluetooth	2402 – 2480 MHz	
Potencia Bluetooth	4 dBm	
Puerto de entrada analógico/digital de uso general	Sí, 2	
On/Off remoto	Sí	
Rango de temperatura de trabajo	-40 a +60°C (refrigerado por ventilador)	
Humedad (sin condensación)	máx. 95%	
CARCASA		
Material y color	acero, azul RAL 5012	
Grado de protección	IP21	
Conexión de la batería	Pernos M8	
Terminales de conexión entrada FV	2,5...16 mm ²	
Peso	7,9 kg	13,7 kg
Dimensiones (al x an x p) en mm	440 x 313 x 126	487 x 434 x 146
NORMAS		
Seguridad	EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2	
País de origen	Diseñado en los Países Bajos Fabricado en India	
<p>1) El rango de funcionamiento del MPPT está limitado por la tensión de la batería - VOC FV no debe superar la tensión de flotación de la batería multiplicada por 8. Por ejemplo, para una tensión de flotación de 52,8 V, sería una VOC FV máxima de 422,4 V. Para más información, consulte el manual del producto.</p> <p>2) Una corriente de cortocircuito más alta podría dañar el controlador en caso de que el conjunto FV se haya conectado con polaridad inversa.</p> <p>3) Máximo de 450 VOC resulta en 360 Vmpv aprox., por lo que el conjunto FV máximo es de aprox. 360 V x 20 A = 7200 Wp.</p> <p>4) El MPPT RS comprobará si hay suficiente aislamiento resistivo entre FV+ y GND y FV- y GND. En caso de resistencia inferior al umbral, la unidad dejará de cargar, mostrará el error y enviará la señal de error al dispositivo GX (si está conectado) para que se envíe una notificación sonora y por correo electrónico.</p> <p>5) Relé programable que puede configurarse como alarma general, subtensión CC o función de arranque/parada del generador. Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC y 1 A hasta 70 VCC.</p> <p>6) Actualmente el MPPT RS no es compatible con las redes VE.Smart.</p> <p>7) El punto de referencia del cargador (flotación y absorción) puede fijarse en un máximo de 60 V. La tensión de salida en los terminales del cargador puede ser mayor, debido a la compensación de temperatura y a la compensación por la caída de tensión en los cables de la batería. La máxima corriente de salida se reduce de forma lineal de corriente completa a 60 V a 5 A a 62 V. La tensión de eualización puede fijarse en un máximo de 62 V y el porcentaje de corriente de eualización puede fijarse en un máximo del 6 %.</p>		

- *Baterías Victron Energy OPzS Solar 1830 Ah.*



OPzS Solar batteries 910

Baterías de placa tubular inundada de larga duración

Vida útil: >20 años a 20°C, > 10 años a 30°C, >5 años a 40°C.
 Cantidad de ciclos posibles: más de 1.500 ciclos al 80 % de descarga.
 Fabricada según las normas DIN 40736, EN 60896 y IEC 61427.

Mantenimiento reducido

En condiciones normales de funcionamiento, se deberá añadir agua destilada cada 2 – 3 años a 20°C.

Baterías de carga en seco o de electrolitos listas para usar

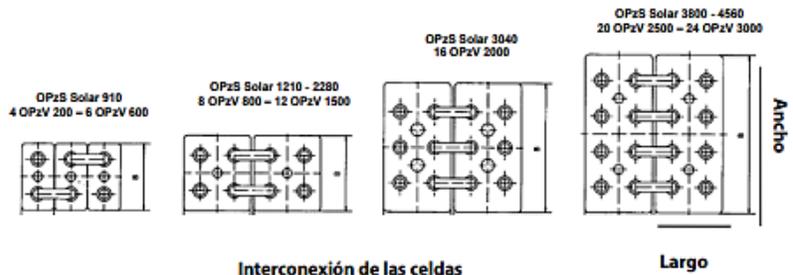
Las baterías están disponibles rellenas de electrolito o cargadas en seco (para almacenamiento prolongado, transporte en contenedor o transporte aéreo). Las baterías cargadas en seco deben rellenarse con ácido sulfúrico diluido (densidad 1,24kg/l @ 20°C).

Las de electrolito pueden ser más resistentes en climas fríos y más frágiles en climas calientes.

Aprenda más sobre baterías y cargas

Para saber más sobre baterías y carga de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Energy Unlimited" (disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde www.victronenergy.com).

Tipo OPzS	OPzS Solar 910	OPzS Solar 1210	OPzS Solar 1520	OPzS Solar 1830	OPzS Solar 2280	OPzS Solar 3040	OPzS Solar 3800	OPzS Solar 4560
Capacidad nominal (120 hr / 20°C)	910 Ah	1210 Ah	1520 Ah	1830 Ah	2280 Ah	3040 Ah	3800 Ah	4560 Ah
Capacidad (10 hr / 20°C)	640 Ah	853 Ah	1065 Ah	1278 Ah	1613 Ah	2143 Ah	2675 Ah	3208 Ah
Capacidad 2 / 5 / 10 horas (% de capacidad de 10 hr.)	60 / 85 / 100 / 120/ 150 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda)							
Capacidad 20 / 24 / 48 / 72 horas (% de capacidad de 120 hr.)	77 / 80 / 89 / 95 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda)							
Capacity 100 / 120 / 240 hours (% de capacidad de 120 hr.)	99 / 100 / 104 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda)							
Autodescarga @ 70°F/20°C	3% mensual							
Tensión de absorción (V) @ 70°F/20°C	2,35 a 2,50 V/celda (28,2 a 30,0 V para una batería de 24 voltios)							
Tensión de flotación (V) @ 70°F/20°C	2,23 a 2,30 V/celda (26,8 a 27,6 V para una batería de 24 voltios)							
Tensión de almacenamiento (V) @ 70°F/20°C	2,18 a 2,22 V/celda (26,2 a 26,6 V para una batería de 24 voltios)							
Vida útil en flotación (V) @ 70°F/20°C	20 años							
Cantidad de ciclos @ 80% de descarga	1500							
Cantidad de ciclos @ 50% de descarga	2800							
Cantidad de ciclos @ 30% de descarga	5200							
Dimensiones (al x an x p en mm.)	145 x 206 x 711	210 x 191 x 711	210 x 233 x 711	210 x 275 x 711	210 x 275 x 861	212 x 397 x 837	212 x 487 x 837	212 x 576 x 837
Dimensiones (al x an x p en pulgadas.)	5,7 x 8,1 x 28	8,3 x 7,5 x 28	8,3 x 9,2 x 28	8,3 x 10,8 x 28	8,3 x 10,8 x 33,9	8,4 x 15,6 x 32,9	8,4 x 19,2 x 32,9	8,4 x 22,7 x 32,9
Peso sin ácido (kg. / libras)	35 / 77	46 / 101	57 / 126	66 / 146	88 / 194	115 / 254	145 / 320	170 / 375
Peso con ácido (kg. / libras)	50 / 110	65 / 143	80 / 177	93 / 205	119 / 262	160 / 253	200 / 441	240 / 530



- *Inversor Victron Energy Quattro 48/10000/140 – 100/100 120V.*

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	Sí		
Conmutador de transferencia integrado	Sí		
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 90-140 VAC Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1		
Corriente máxima (A)	2x 50 A	2x 100 A	2x 100 A
INVERSOR			
Rango de tensión de entrada (V CC)	9,5 – 17 V 19 – 33V 38 – 66 V		
Salida (1)	Rango de tensión de entrada: 120 VAC ± 2% Frecuencia: 60 Hz ± 0,1%		
Potencia cont. de salida a 25°C / 77°F (VA) (3)	3000 VA	5000 VA	10000 VA
Potencia cont. de salida a 25°C / 77°F (W)	2400 W	4000 W	8000 W
Potencia cont. de salida a 40°C / 104°F (W)	2200 W	3700 W	6500 W
Potencia cont. de salida a 65°C / 150°F (W)	1700 W	3000 W	4500 W
Pico de potencia (W)	6000 W	10000 W	20000 W
Eficacia máxima (%)	94 %	94 / 94 / 95 %	96 %
Consumo en vacío (W)	25 W	30 / 30 / 35 W	60 W
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	20 W	20 / 25 / 30 W	40 W
Consumo en vacío en modo búsqueda (W)	12 W	10 / 10 / 15 W	15 W
CARGADOR			
Tensión de carga de 'absorción' (V CC)	57,6 V	14,4 / 28,8 / 57,6 V	57,6 V
Tensión de carga de "flotación" (V CC)	55,2 V	13,8 / 27,6 / 55,2 V	55,2 V
Modo de "almacenamiento" (V CC)	52,8 V	13,2 / 26,4 / 52,8 V	52,8 V
Corriente de carga batería casa (A) (4)	35 A	200 / 120 / 70 A	140 A
Corriente de carga batería de arranque (A)	4 A (solo modelos de 12V y 24V)		
Sensor de temperatura de la batería	Sí		
GENERAL			
Salida auxiliar (A) (5)	32 A	50 A	50 A
Relé programable (6)	3x		
Protección (2)	a-g		
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema		
Puerto com. de uso general (7)	Sí, 2x		
On/Off remoto	Sí		
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -40 a +65°C (-40 - 150°F) Humedad (sin condensación): máx. 95%		
CARCASA			
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012)		Categoría de protección: IP 21
Conexiones de la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)		
Conexión 120 V CA	Borne de tornillo de 13 mm ² (6 AWG)	Pernos M6	
Peso (kg)	42 lb 19 kg	75 / 66 / 66 lb 34 / 30 / 30 kg	Pernos M6 128 lb 58 kg
Dimensiones (al x an x p en mm.)	14,3 x 10,2 x 8,6	18,5 x 14,0 x 11,2	470 x 350 x 280
	362 x 258 x 218	17,5 x 13,0 x 9,6	444 x 328 x 240
		17,5 x 13,0 x 9,6	444 x 328 x 240
NORMATIVAS			
Seguridad	IEC 60335-1, IEC 60335-2-29, IEC 62109-1		
Emisiones / Inmunidad	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		
Vehículos de carretera	Modelos 12V y 24V: ECE R10-5		
anti-isleño	Ver nuestra pagina web		
<p>1) Puede ajustarse a 60 Hz; 120 V 60 Hz si se solicita 2) Claves de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja h) temperatura demasiado alta f) 120 V CA en la salida del inversor g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta</p> <p>3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 4) Hasta 25 °C de temperatura ambiente 5) Se desconecta si no hay fuente CA externa disponible 6) Relé programable que puede configurarse como alarma general, subtensión CC o señal de arranque para el generador Capacidad nominal CA: 230V/4A Capacidad nominal CC: 4A hasta 35VDC, 1A hasta 60VDC 7) Entre otras funciones, para comunicarse con una batería BMS de Litio-Ion</p>			

- *Wallbox eHome T2C32.*



eHome T2C32

Caja básica de recarga

Código: V25030.

Especificaciones

Alimentación en alterna

Corriente de entrada	32A
Frecuencia	50 / 60 Hz
Tipo de red	1F + N + PE
Tensión nominal	230 V ~ (± 10 %)

Características eléctricas

Cable: Tipo de conector	Cable Tipo 2
I máx. de salida (A)	32
Modo de carga	Modo 3
Nº de tomas	1
Potencia máxima de salida (kW)	7,4
Tensión	230 V ~ (± 10 %)

Características mecánicas

Tamaño (mm) ancho x alto x fondo	180 x 315 x 115 (mm)
Envolvente	Plástico ABS-PCVD autoextinguible
Fijación	Mural, anclaje en pared por 3 puntos
Peso Neto (kg)	3,39

Características ambientales

Grado de protección	IP 54 / IK10
Humedad relativa (sin condensación)	5% ... 95%
Temperatura de almacenamiento	-40°C ... +60°C
Temperatura de trabajo	-5°C ... +45°C

Interface usuario

LED	Indicador de carga
-----	--------------------

Normas

Normas	IEC 61851-1, IEC 61851-22, IEC 62196-1, IEC 62196-2, Directiva 2014/35/UE, LVD; 2014/30/UE, EMC
--------	---

Prestaciones

Calentador climatizador	-30 ... +45 °C (Opcional)
-------------------------	---------------------------

Salida 1

Corriente máxima	32 A
Potencia máxima	7,4 kW

Anexo 2. Hojas de datos de los equipos utilizados en el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico conectado a la red para el vehículo eléctrico BYD e5.

- *Panel Jinko Solar Tiger Pro 54HC 405 Watt (Ver en Anexo 1).*
- *Inversor Fronius Primo 10.0 – 1.*

DATOS GENERALES	FRONIUS PRIMO 3.8 - 8.2	FRONIUS PRIMO 10.0 - 15.0
Dimensiones (ancho x alto x profundidad)	50.5 x 63 x 20.6 centímetros	51.05 x 72.39 x 22.60 centímetros
Peso (kg)	21.45	37.42
Grado de protección	NEMA 4X	
Consumo durante la noche	< 1 W	
Tipología de inversor	Sin transformador	
Enfriamiento	Velocidad de ventilador variable	
Instalación	Interior y exterior	
Rango de operación a temperatura ambiente	-40°F - 131°F (-40 - 55°C)	-40 - 140°F (-40 - 60°C)
Humedad permitida	0 - 100 % (sin condensación)	
Terminales de conexión CD	4x CD+ y 4x CD- terminales de tornillo para cobre (sólido / trenzado / trenzado fino) o aluminio (sólido / trenzado)	4x CD+1, 2x CD+2 y 6x CD- terminales de tornillo para cobre (sólido / trenzado / trenzado fino) o aluminio (sólido / trenzado)
Terminales de conexión CA	Términales de tornillo 12-6 AWG	
Certificaciones y cumplimiento de estándares	UL 1741-2010, UL1998 (para funciones: AFCI monitoreo de aislamiento), IEEE 1547-2003, IEEE 1547.1-2003, ANSI/IEEE C62.41, FCC Parte 15 A y B, NEC Artículo 690, C22. 2 No. 107.1-01 (septiembre 2001), UL1699B Issue 2-2013, CSA TIL M-07 Issue 1 -2013	UL 1741-2015, UL1998 (para funciones: AFCI, RCMU y monitoreo de aislamiento), IEEE 1547-2003, IEEE 1547.1-2003, ANSI/IEEE C62.41, FCC Parte 15 A y B, NEC Artículo 690, C22. 2 No. 107.1-01 (septiembre 2001), UL1699B Issue 2-2013, CSA TIL M-07 Issue 1 -2013

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	ESTÁNDAR PARA TODOS LOS MODELOS PRIMO	INTERFACES	ESTÁNDAR PARA TODOS LOS MODELOS PRIMO
AFCI y NEC 2014	Sí	Wi-Fi*/Ethernet/Serial	Estándar inalámbrico 802.11 b/g/n / Fronius Solar.web, SunSpec Modbus TCP, JSON / SunSpec Modbus RTU
Desconexión de CD	Sí	6 entradas y 4 E/S digitales	Administración de carga, señales, E/S multipropósito
Protección contra polaridad inversa de CD	Sí	USB (Socket)	Actualización de software y datalogging vía USB
Protección contra fallas de tierra con interruptor de monitor de aislamiento	Sí	2x RS422 (RJ45 socket)	Fronius Solar Net, protocolo de interface
		Datalogger y servidor web	Incluidos

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 10.0-1	PRIMO 11.4-1	PRIMO 12.5-1	PRIMO 15.0-1
Potencia FV recomendada (kWp)	8.0 - 12.0 kW	9.1 - 13.7 kW	10.0 - 15.0 kW	12.0 - 18.0 kW
Corriente máxima de entrada utilizable (MPPT 1 / MPPT 2)	33.0 A / 18.0 A			
CD total máxima	51 A			
Arreglo máximo de corriente de corto circuito (1.25 Imax) (MPPT 1/MPPT 2)	41.3 A / 22.5 A			
Rango de voltaje operacional	80 V - 600 V			
Voltaje de entrada máximo	600 V			
Voltaje nominal de entrada	415 V	420 V	425 V	440 V
Tamaño admisible de conductor de CD	AWG 14 - AWG 6 cobre directo, AWG 6 aluminio directo (AWG 10 cobre o AWG 8 aluminio para dispositivos protectores de sobrecorriente de hasta 60 A, de 61 a 100 A mínimo AWG 8 para cobre o AWG 6 aluminio debe ser usado), AWG 4 - AWG 2 cobre o aluminio con combinador de entradas opcional			
Rango de voltaje MPP	220 - 480 V	240 - 480 V	260 - 480 V	320 - 480 V
Número de MPPT	2			

DATOS DE SALIDA	PRIMO 10.0-1	PRIMO 11.4-1	PRIMO 12.5-1	PRIMO 15.0-1	
Potencia máxima de salida	208	9995 W	11400 W	12500 W	13750 W
	240	9995 W	11400 W	12500 W	15000 W
Corriente continua máxima de salida	208	48.1 A	47.5 A	60.1 A	66.1 A
	240	41.6 A	54.8 A	52.1 A	62.5 A
Capacidad de interruptor de CA	208	70 A		70 A	80 A
	240	60 A		35 A	40 A
Eficiencia máxima	96.7 %				
Eficiencia CEC	96.0 %			96.5 %	
Tamaño admisible de conductor de CA	AWG 10 - AWG 2 cobre (sólido / trenzado / trenzado fino) (AWG 10 cobre o AWG 8 aluminio para dispositivos protectores de sobrecorriente de hasta 60 A, de 61 a 100 A mínimo AWG 8 para cobre o AWG 6 aluminio debe ser usado), AWG 6 - AWG 2 cobre (sólido / trenzado) Cableado multi contacto es posible con AWG 12				
Conexión a red (U _{ac})	208 / 240				
Frecuencia (f)	60 Hz				
Distorsión armónica total	< 2.5 %				
Factor de potencia (cos φ _{ac}) predeterminado	1 (ajustable en menú oculto 0.85 - 1 ind./cap.)				

- *Wallbox eHome T2C32 (Ver en Anexo 1).*
- *Medidor bidireccional Fronius Smart Meter 240 V – 3 UL.*

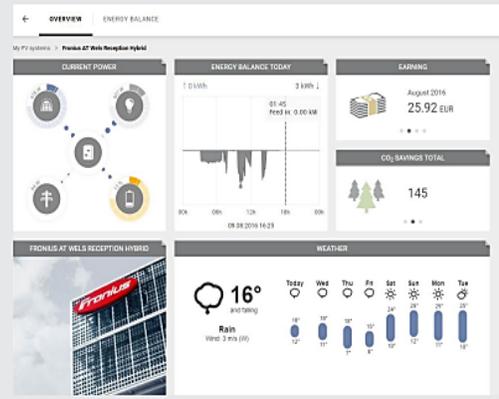
FRONIUS SMART METER

TECHNICAL DATA	FRONIUS SMART METER 240 V-3 UL	FRONIUS SMART METER 480 V-3 UL
Operating Voltage Range (Line to Line)	166 V – 276 V	384 V – 552 V
Power Line Frequency Range	50 Hz to 60Hz	
Connectors	Euroblock style pluggable terminal blocks (12 AWG)	
Power Consumption	1,2 W (60 Hz) / 1,5 W (50 Hz)	1,2 W (60 Hz) / 1,6 W (50 Hz)
Maximum Rated Apparent Power	4 VA	3 VA
Accuracy	± 0,5 % (see manual for details)	
Mounting	Indoor: Wall-mounted Outdoor: If mounted inside an electrical enclosure that is rated NEMA 3R or 4 / IP 66	
Temperature Range	-30°C to +55°C	
Weight	10.8 oz	
Dimensions (Height x Width x Depth)	1.5" x 5.63" x 3.34"	
Interface to Inverter	Modbus RTU (RS 485)	
Certifications / Listings	UL 61010-1, CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1-04, IEC 61010-1, EN 61326: 2002, EN61000-4-2, EN61000-4-3, EN 61000-4-4, EN 61000-4-5, EN 61000-4-6, EN 61000-4-11, FCC Part 15 Class B, EN 55022: 1994 Class B	
Current Transformers	Primary: 1 – 3000 A / secondary: use only CT's with voltage output 333 mV	
Supported Grid Types	1-phase 3-wire (split-phase), 1-phase 2-wire without N, 3-phase 4-wire (WYE), 3-phase 3-wire without N (Delta), 3-phase 4-wire delta (High-leg delta / stinger grid)	
Power supply	Self-supplied, No external power supply required	

THE ADVANTAGES AT A GLANCE

- / Feed-in management and dynamic power reduction
- / Easy configuration of dynamic feed-in on the Fronius Datamanager 2.0 software interface
- / Self-consumption systems
- / Visualization of energy consumption in Fronius Solar.web
- / Optimized energy management with the Fronius storage solution

Please note: Product picture may vary slightly from actual product.



Anexo 3. Dimensionamiento matemático para el sistema fotovoltaico independiente y conectado a la red del vehículo eléctrico Kia Sould.

Parámetros	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Energía diaria real consumida (kWh)	57.90	9.6	57.90	57.90
Número de paneles en serie			18	4
Número de paneles en paralelo			2	9
Número total de paneles	37	6	36	37
Potencia nominal del generador fotovoltaico (kWp)	15.35	2.5	15	15.1
Tensión del sistema (V)	48	48	48	48
Corriente del sistema (A)		201		
Número de baterías en serie			24	
Número de baterías en paralelo			2	
Número total de baterías		1	48	
Capacidad de almacenamiento necesaria (kWh)				347,4
Capacidad de almacenamiento útil (Ah)	3.317	804	3.016	3.618
Voltaje de circuito abierto del regulador (V)			> 709	
Corriente máxima del regulador (A)		> 84,06	> 28	> 124,65
Potencia máxima del inversor (kW)	> 13.79	> 6.3	> 15	> 15

Nota. Elaborado por el autor.

Anexo 4. Dimensionamiento del cableado para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico Kia Sould.

- *Características del cableado para el sistema fotovoltaico independiente.*

Tramo	Longitud (m)	Máxima caída de tensión permitida (ΔV)	I _{max} (A)	V _{max} (V)	S (mm ²)	AWG	Tipo
Paneles – Controlador de carga 1	28	3%	40.44	123.16	13.48	6	CC
Paneles – Controlador de carga 2	28	3%	40.44	123.16	13.48	6	CC
Paneles – Controlador de carga 3	28	3%	40.44	123.16	13.48	6	CC
Controlador de carga – Baterías	4	1%	285.6	48	104.72	1	CC
Baterías – Inversor	8	1%	312.5	48	229	1/0	CC
Inversor – Tablero de distribución	15	5%	68.18	220	6	12	CA

Nota. Elaborado por el autor.

- *Características del cableado para el sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Tramo	Longitud (m)	Máxima caída de tensión permitida (ΔV)	I _{max} (A)	V _{max} (V)	S (mm ²)	AWG	Tipo
Paneles – Inversor	42	3%	26.96	554.22	6	12	CC
Inversor – Tablero de distribución	15	5%	68.18	220	6	12	CA

Nota. Elaborado por el autor.

Anexo 5. Dimensionamiento de las protecciones para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico Kia Sould.

- *Características de las protecciones para el sistema fotovoltaico independiente.*

Tramo	Categoría	I _{max} (A)	V _{max} (V)	Tipo
Paneles – Controlador de carga 1	fusible	≥ 40.44		CC
Paneles – Controlador de carga 2	fusible	≥ 40.44		CC
Paneles – Controlador de carga 3	fusible	≥ 40.44		CC
Paneles – Controlador de carga 1	Protector contra sobretensión		≥ 123.16	CC
Paneles – Controlador de carga 2	Protector contra sobretensión		≥ 123.16	CC
Paneles – Controlador de carga 3	Protector contra sobretensión		≥ 123.16	CC
Controlador de carga – Baterías	fusible	≥ 285.6		CC
Baterías – Inversor	fusible	≥ 312.5		CC
Inversor – Tablero de distribución	Interruptor termomagnético	≥ 68.18		CA
Interruptor termomagnético – Carga	Interruptor diferencial	> 68.18		CA
Tablero de distribución	Protector contra sobretensión		≥ 220	CA

Nota. Elaborado por el autor.

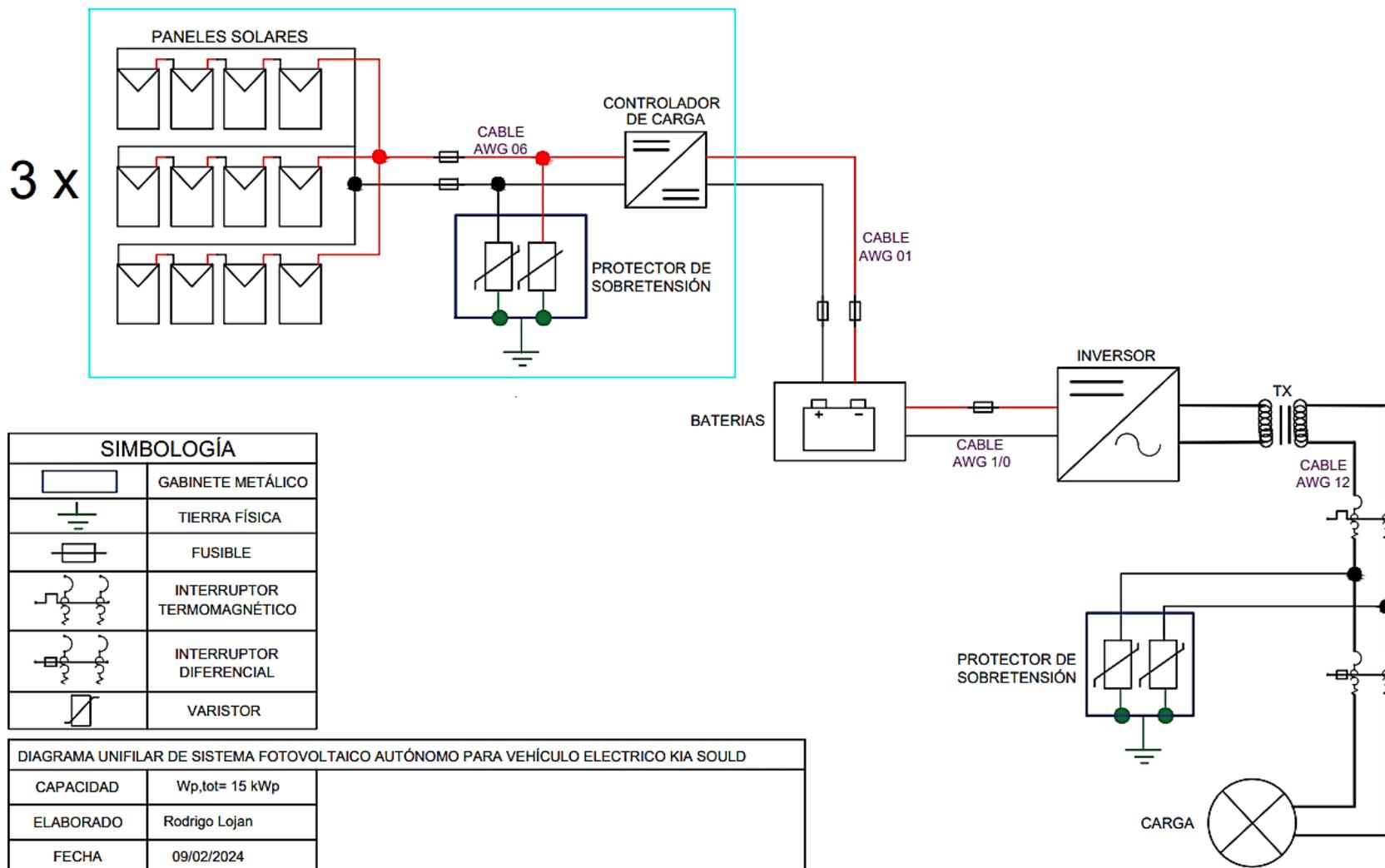
- *Características de las protecciones para el sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Tramo	Clase	I _{max} (A)	V _{max} (V)	Tipo
Paneles – Inversor	fusible	≥ 26.54		CC
Paneles – Inversor	Protector contra sobretensión		≥ 579.88	CC
Inversor – Tablero de distribución	Interruptor termomagnético	≥ 68.18		CA
Interruptor termomagnético – Carga	Interruptor diferencial	> 68.18		CA
Tablero de distribución	Protector contra sobretensión		≥ 220	CA

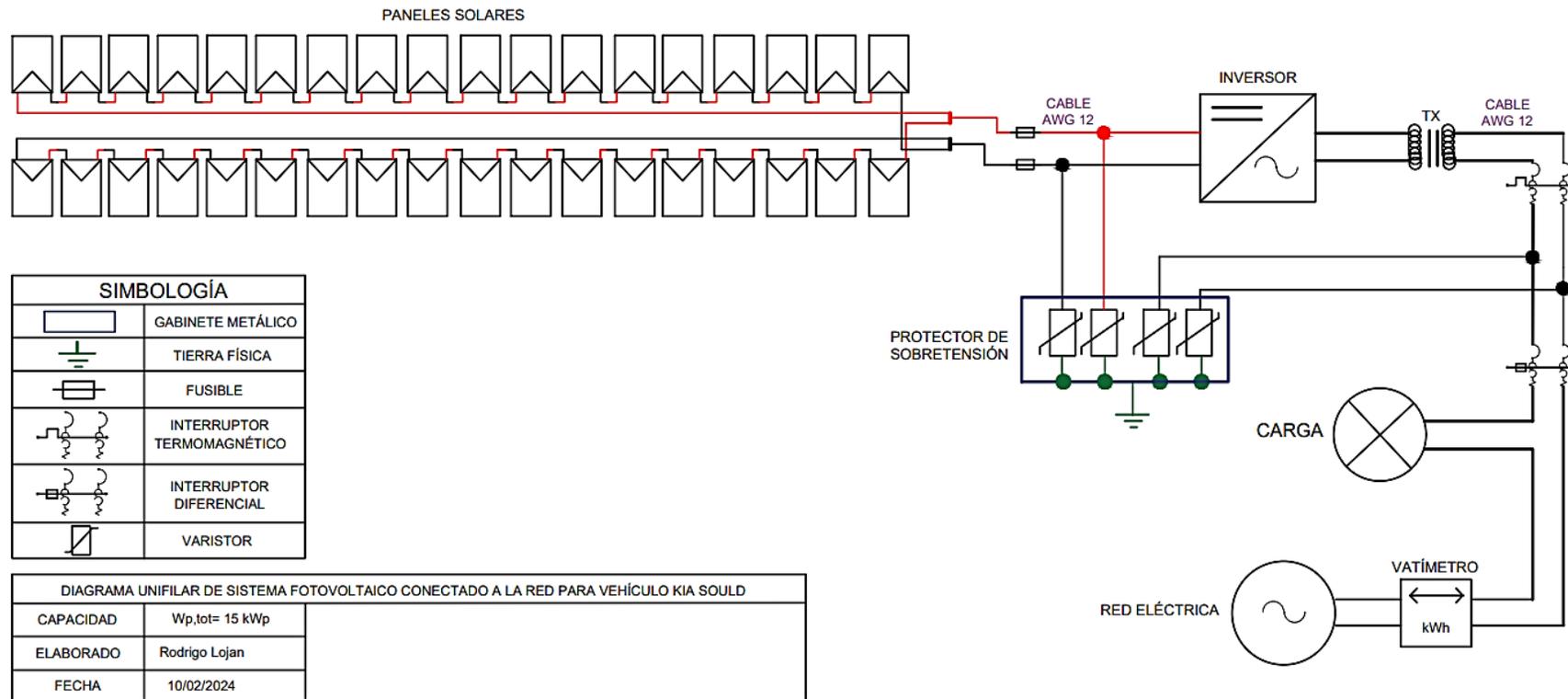
Nota. Elaborado por el autor.

Anexo 6. Esquemas de conexión y distribución de los sistemas fotovoltaicos para el vehículo eléctrico Kia Soul.

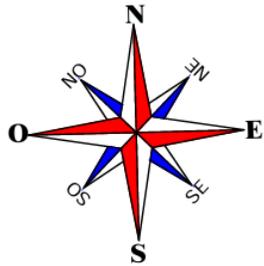
- Diagrama unifilar para el sistema fotovoltaico independiente.



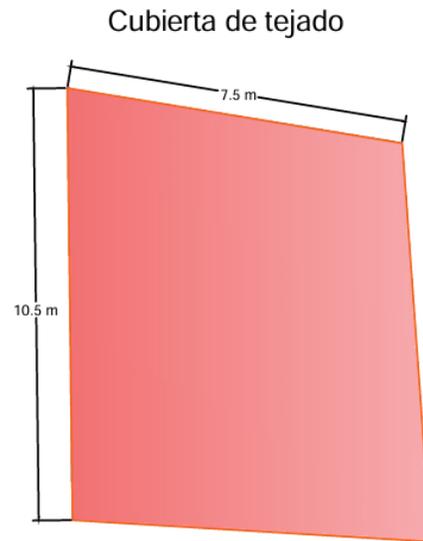
- Diagrama unifilar para el sistema fotovoltaico conectado a la red



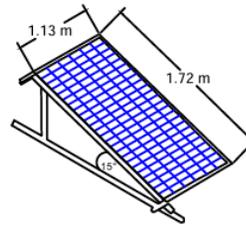
- *Distribución de paneles y baterías del sistema fotovoltaico para el vehículo eléctrico Kia Sould.*



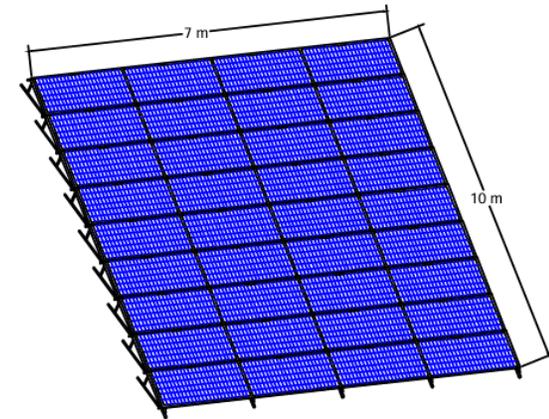
Latitud = 4.008055
 Longitud = 79.197591
 Elevación = 2143 m



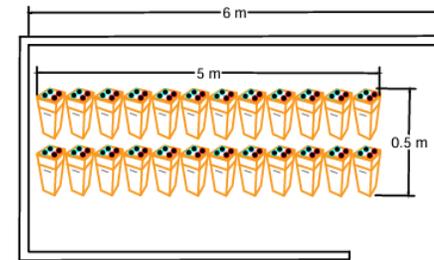
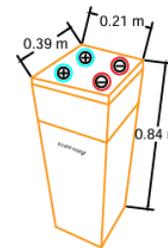
Pot FV de 15 kWp con 36 paneles de 415 Wp



Área requerida: 70 m²



Energía almacenada de 117 kWh con 24 baterías de 3040 Ah ,
2 V y 2 días de autonomía



DISTRIBUCIÓN DE PANELES Y BATERÍAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOULD	
ELABORADO	Rodrigo Lojan
FECHA	17/02/2024

Anexo 7. Principales equipos de los sistemas fotovoltaicos para el vehículo eléctrico Kia Sould.

- *Características de los equipos usados en el sistema fotovoltaico independiente.*

Modulo fotovoltaico			
<i>Marca</i>	JinkoSolar	<i>Vmp</i>	30.79 V
<i>Modelo</i>	TigerPro 54 HC	<i>Imp</i>	13.48 A
<i>Tecnología</i>	Monocristalino	<i>Voc</i>	37.31 V
<i>Potencia nominal</i>	415 Wp	<i>Isc</i>	14.01 A
<i>N° celdas</i>	108 (2 × 54)	<i>Dimensiones</i>	1722 × 1134 × 30 mm
<i>Peso</i>	22.0 kg (48.50 lbs)	<i>Eficiencia</i>	Mayor al 21.25%
Controlador de Carga			
<i>Marca</i>	Victron Energy	<i>Corriente carga nominal</i>	85 A
<i>Modelo</i>	SmartSolar FV MC4	<i>Tensión FV CC máxima</i>	150 V
<i>Tipo</i>	MPPT	<i>Tensión de arranque</i>	145 V
<i>Tensión de sistema</i>	48 V	<i>Eficiencia</i>	98%
<i>Potencia FV nominal</i>	4900 W	<i>Peso</i>	4.5 Kg
Inversor			
<i>Marca</i>	Victron Energy	<i>Tensión de salida</i>	230 V en CA
<i>Modelo</i>	Quattro	<i>Tensión de sistema</i>	48 V
<i>Potencia de salida</i>	15.000	<i>Corriente de alimentación</i>	2 × 100 A
<i>Pico de potencia</i>	16.000	<i>Eficiencia</i>	96%
Batería			
<i>Marca</i>	Victron	<i>Capacidad</i>	3040 Ah
<i>Modelo</i>	OPzS – 3040	<i>Voltaje</i>	2 V
<i>Tipo</i>	OPzS	<i>Peso</i>	115 Kg
<i>Celdas por unidad</i>	1	<i>Vida útil</i>	20 años
Wallbox			
<i>Marca</i>	Commander	<i>Potencia máxima de salida</i>	7.4 kW – 22 kW
<i>Modelo</i>	2	<i>Corriente máxima de salida</i>	16 A – 32 A
<i>Tensión CA</i>	220 V a 240 V en CA	<i>Dimensiones</i>	221 × 152 × 115 mm

Nota. Elaborado por el autor.

- *Características de los equipos usados en el sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Modulo fotovoltaico			
<i>Marca</i>	JinkoSolar	<i>Vmp</i>	30.79 V
<i>Modelo</i>	TigerPro 54 HC	<i>Imp</i>	13.48 A
<i>Tecnología</i>	Monocristalino	<i>Voc</i>	37.31 V
<i>Potencia nominal</i>	415 Wp	<i>Isc</i>	14.01 A
<i>N celdas</i>	108 (2×54)	<i>Dimensiones</i>	1722 × 1134 × 30 mm
<i>Peso</i>	22.0 kg (48.50 lbs)	<i>Eficiencia</i>	Mayor al 20%
Inversor			
<i>Marca</i>	Fronius	<i>Rango de voltaje MPPT</i>	350 V – 800 V
<i>Modelo</i>	Symo 15.0 – 3 480	<i>Potencia máxima de salida</i>	14995 W

<i>Tipo</i>	MPPT	<i>Corriente máxima de salida</i>	18 A
<i>Potencia FV recomendada</i>	12 – 19.5 kW	<i>Eficiencia</i>	97 %
<i>Tensión máxima de entrada</i>	1000 V	<i>Conexión a red</i>	208 V
<i>Rango corriente MPPT</i>	33 A – 25 A	<i>Frecuencia</i>	60 Hz
Medidor bidireccional			
<i>Marca</i>	Fronius	<i>Frecuencia</i>	50 Hz – 60 Hz
<i>Modelo</i>	Smart Meter	<i>Autoconsumo</i>	1.2 W (60 Hz)
<i>Rango de voltaje de funcionamiento (línea a línea)</i>	166 V – 276 V	<i>Valor nominal máximo aparente fuerza</i>	4 VA
Wallbox			
<i>Marca</i>	Commander	<i>Potencia máxima de salida</i>	7.4 kW – 22 kW
<i>Modelo</i>	2	<i>Corriente máxima de salida</i>	16 A – 32 A
<i>Tensión CA</i>	220 V a 240 V en CA	<i>Dimensiones</i>	221 × 152 × 115 mm

Nota. Elaborado por el autor.

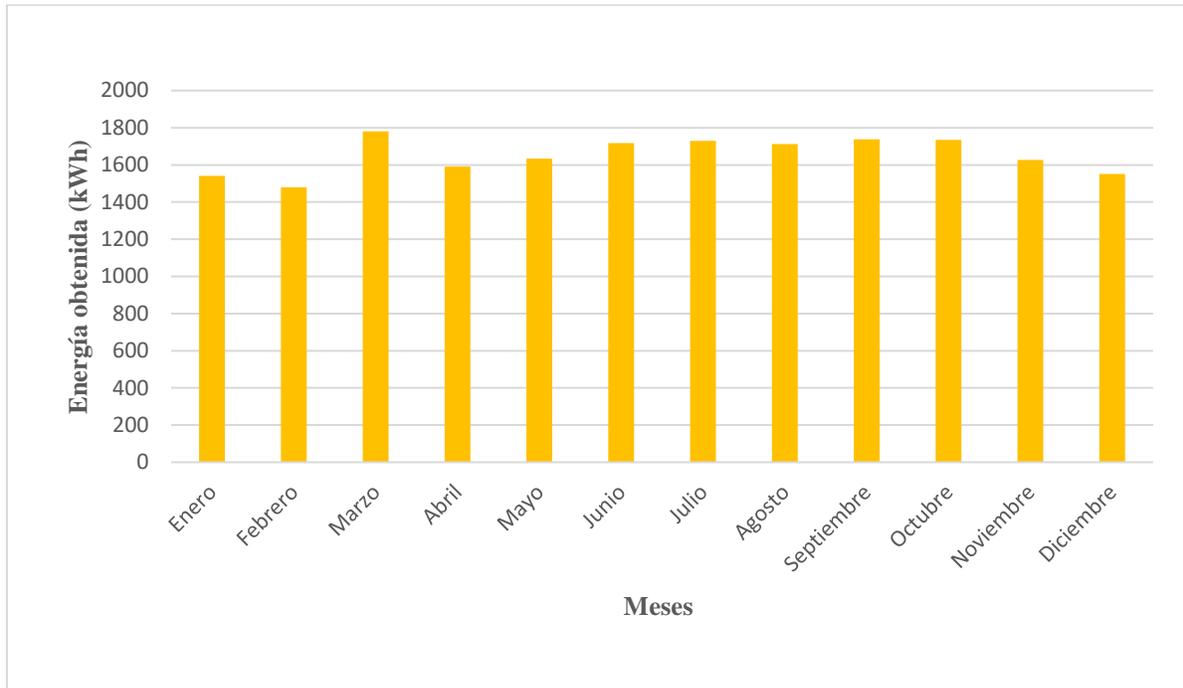
Anexo 8. Resultados de simulación en el software PVsyst para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico Kia Sould.

- *Parámetros y resultados de PVsyst para el sistema fotovoltaico independiente.*

Principales parámetros del sistema fotovoltaico			
<i>Diseño del generador FV</i>	3 arreglos de: 4 paneles en serie × 3 paneles en paralelo.	<i>Potencia nominal</i>	15 kWp
<i>Angulo de inclinación de paneles</i>	15°	<i>Acimut</i>	0°
<i>Área</i>	70 m ²	<i>Necesidad de usuario</i>	21 MWh/año
<i>Autonomía</i>	2 días	<i>Capacidad de baterías</i>	3040 Ah
Resultados de simulación			
<i>Energía producida</i>	19.83 MWh/año	<i>Producción específica</i>	1.327 kWh/kWp/año
<i>Factor de rendimiento</i>	76.4 %	<i>Ahorro de energía</i>	94.42 %

Nota. Elaborado por el autor.

- *Energía obtenida anualmente del sistema fotovoltaico independiente.*



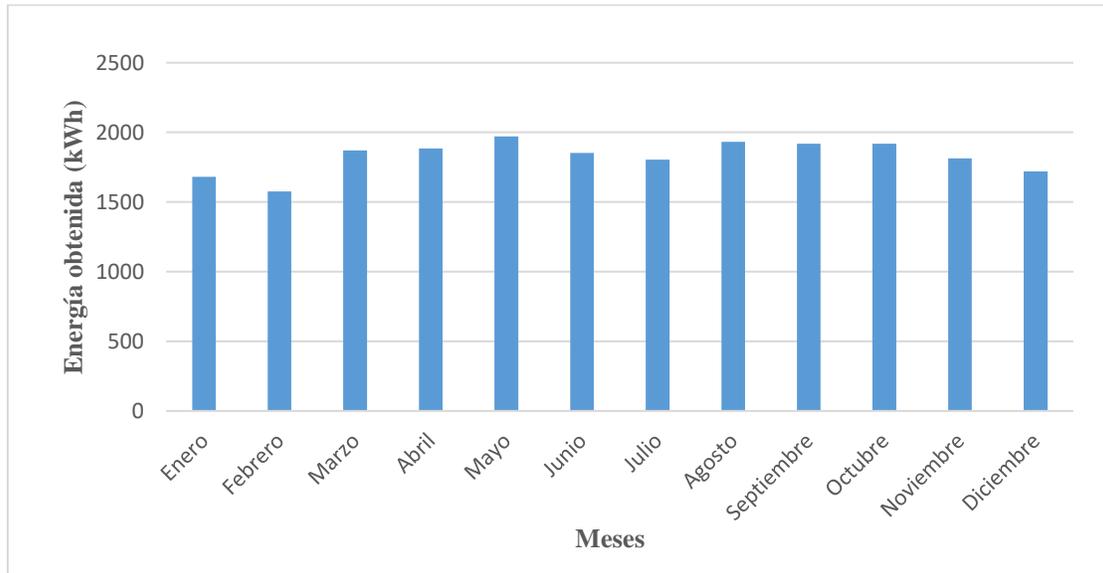
Nota. Elaborado por el autor.

- *Parámetros y resultados de PVsyst para el sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Principales parámetros del sistema fotovoltaico			
<i>Diseño del generador FV</i>	1 arreglo de: 18 paneles en serie × 2 paneles en paralelo.	<i>Potencia nominal</i>	15 kWp
<i>Angulo de inclinación de paneles</i>	15°	<i>Acimut</i>	0°
<i>Área</i>	70 m ²	<i>Necesidad de usuario</i>	21 MWh/año
<i>Numero de inversores</i>	1	<i>Potencia de CA nominal</i>	15 kW CA
Resultados de simulación			
<i>Energía producida</i>	21.9 MWh/año	<i>Producción específica</i>	1.469 kWh/kWp/año
<i>Factor de rendimiento</i>	84.6 %	<i>Ahorro de energía</i>	104.28 %

Nota. Elaborado por el autor.

- *Energía obtenida anualmente del sistema fotovoltaico conectado a la red.*



Nota. Elaborado por el autor.

- *Tiempo de carga del vehículo eléctrico Kia Soul.*

$T_{crg} = 2.18$ horas o 2 h 11 min

Anexo 9. Análisis económico para los sistemas fotovoltaicos del vehículo eléctrico Kia Soul.

- *Presupuesto total del sistema fotovoltaico independiente.*

Equipos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Panel Jinko Solar TigerPro 54HC 415 Watt.	36	227.36	8185
Controlador de carga Victron Energy Smart Solar FV MPPT 150/85 FV MC4.	3	496.77	1490.31
Inversor Victron Energy Quattro 48/15000/200–100/100.	1	5273	5273
Batería Victron Energy OpzS Solar 2 V– 3040 Ah	24	1176	28224
Wallbox	1	1069	1069
Protecciones DC	1	240	240
Protecciones AC	1	350	350
Estimado de cables y conectores	1	750	750
Total			45581.31

Nota. Elaborado por el autor.

- *Cálculo del periodo de amortización del sistema fotovoltaico independiente.*

Año	Degradación (%)	Energía Producida (kWh)	Consumo (kWh)	Precio de la Energía (USD/KWh)	Ahorro monetario (USD)	O&M (USD)	Flujo de Caja	Amortización
0	0.00	0.00	21133.5	0.105	0.00	0.00	-45581.31	
1	0.55	19725.9	20710.83	0.106	2195.35	455.81	1739.54	-43840.89
2	1.1	19617.41	20296.61	0.107	2171.74	460.37	1711.37	-42129.52
3	1.65	19509.51	19890.68	0.108	2148.19	464.97	1683.22	-40446.3
4	2.2	19402.21	19492.87	0.109	2124.72	469.62	1655.1	-38791.2
5	2.75	19295.5	19103.01	0.111	2120.43	474.32	1646.11	-37145.09
6	3.3	19189.37	18720.95	0.112	2096.75	479.06	1617.69	-35527.4
7	3.85	19083.83	18346.53	0.113	2073.16	483.85	1589.31	-33938.09
8	4.4	18978.87	17979.6	0.114	2049.67	488.69	1560.98	-32377.11
9	4.95	18874.49	17620.01	0.115	2026.3	493.58	1532.72	-30844.39
10	5.5	18770.68	17267.61	0.116	2003.04	498.52	1504.52	-29339.87
11	6.05	18667.44	16922.26	0.117	1979.9	503.51	1476.39	-27863.48
12	6.6	18564.77	16583.81	0.118	1956.89	508.55	1448.34	-26415.14
13	7.15	18462.66	16252.13	0.119	1934	513.64	1420.36	-24994.78
14	7.7	18361.12	15927.09	0.121	1927.18	518.78	1408.4	-23586.38
15	8.25	18260.13	15608.55	0.122	1904.24	523.97	1380.27	-22206.11
16	8.8	18159.7	15296.38	0.123	1881.45	529.21	1352.24	-20853.87
17	9.35	18059.82	14990.45	0.124	1858.82	534.5	1324.32	-19529.55
18	9.9	17960.49	14690.64	0.125	1836.33	539.85	1296.48	-18233.07
19	10.45	17861.71	14396.83	0.126	1814	545.25	1268.75	-16964.32
20	11	17763.47	14108.89	0.127	1791.83	550.7	1241.13	-15723.19
21	11.55	17665.77	13826.71	1.127	15582.7	556.21	15026.49	-696.7
22	12.1	17568.61	13550.18	2.127	28821.23	561.77	28259.46	27562.76
23	12.65	17471.98	13279.18	3.127	41524	567.39	40956.61	68519.37
24	13.2	17375.88	13013.6	4.127	53707.13	573.06	53134.07	121653.44
25	13.75	17280.31	12753.33	5.127	65386.32	578.79	64807.53	186460.97

Nota. Elaborado por el autor.

- *Presupuesto total del sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Equipos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Panel Jinko Solar TigerPro 54HC 415 Watt.	36	227.36	8185
Inversor Fronius Symo 15.0 – 3, 208 WLAN/LAN.	1	4740	4740
Medidor bidireccional Fronius Smart Meter 240 V – 3UL	1	870	870
Wallbox	1	1069	1069
Protecciones DC	1	150	150
Protecciones AC	1	330	330
Estimado de cables y conectores	1	445	445
Total			15789

Nota. Elaborado por el autor.

- *Cálculo del periodo de amortización del sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Año	Degradación (%)	Energía Producida (kWh)	Consumo de Energía (kWh)	Energía extraída (+) o almacenada (-) a la red (kWh)	Costo de la Energía (USD/KWh)	Ahorro monetario (USD)	O&M (USD)	Flujo de Caja	Amortización
0	0.00	0.00	21133.5	21133.5	0.105	0.00	0.00	-15789	
1	0.55	21822.31	20710.83	-1111.48	0.106	2195.35	157.89	2037.46	-13751.54
2	1.1	21702.29	20296.61	-1405.68	0.107	2171.74	159.47	2012.27	-11739.27
3	1.65	21582.93	19890.68	-1692.25	0.108	2148.19	161.06	1987.13	-9752.14
4	2.2	21464.22	19492.87	-1971.35	0.109	2124.72	162.67	1962.05	-7790.09
5	2.75	21346.17	19103.01	-2243.16	0.111	2120.43	164.3	1956.13	-5833.96
6	3.3	21228.77	18720.95	-2507.82	0.112	2096.75	165.94	1930.81	-3903.15
7	3.85	21112.01	18346.53	-2765.48	0.113	2073.16	167.6	1905.56	-1997.59
8	4.4	20995.89	17979.6	-3016.29	0.114	2049.67	169.28	1880.39	-117.2
9	4.95	20880.41	17620.01	-3260.4	0.115	2026.3	170.97	1855.33	1738.13
10	5.5	20765.57	17267.61	-3497.96	0.116	2003.04	172.68	1830.36	3568.49
11	6.05	20651.36	16922.26	-3729.1	0.117	1979.9	174.41	1805.49	5373.98
12	6.6	20537.78	16583.81	-3953.97	0.118	1956.89	176.15	1780.74	7154.72
13	7.15	20424.82	16252.13	-4172.69	0.119	1934	177.91	1756.09	8910.81
14	7.7	20312.48	15927.09	-4385.39	0.121	1927.18	179.69	1747.49	10658.3
15	8.25	20200.76	15608.55	-4592.21	0.122	1904.24	181.49	1722.75	12381.05
16	8.8	20089.66	15296.38	-4793.28	0.123	1881.45	183.3	1698.15	14079.2
17	9.35	19979.17	14990.45	-4988.72	0.124	1858.82	185.13	1673.69	15752.89
18	9.9	19869.28	14690.64	-5178.64	0.125	1836.33	186.98	1649.35	17402.24
19	10.45	19760	14396.83	-5363.17	0.126	1814	188.85	1625.15	19027.39
20	11	19651.32	14108.89	-5542.43	0.127	1791.83	190.74	1601.09	20628.48
21	11.55	19543.24	13826.71	-5716.53	1.127	15582.7	192.65	15390.05	36018.53
22	12.1	19435.75	13550.18	-5885.57	2.127	28821.23	194.58	28626.65	64645.18
23	12.65	19328.85	13279.18	-6049.67	3.127	41524	196.53	41327.47	105972.65
24	13.2	19222.54	13013.6	-6208.94	4.127	53707.13	198.5	53508.63	159481.28
25	13.75	19116.82	12753.33	-6363.49	5.127	65386.32	200.49	65185.83	224667.11

Nota. Elaborado por el autor

Anexo 10. Hojas de datos de los equipos utilizados en el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico independiente para el vehículo eléctrico Kia Sould.

- *Panel Jinko Solar Tiger Neo N-type 54HL4-(V) 415 Watt.*

Engineering Drawings

Electrical Performance & Temperature Dependence

Current-Voltage & Power-Voltage Curves (430W)

Temperature Dependence of Isc, Voc, Pmax

Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	108 (6×18)
Dimensions	1722×1134×30mm (67.79×44.65×1.18 inch)
Weight	22 kg (48.50 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

36pcs/pallets, 72pcs/stack, 936pcs/ 40HQ Container

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM410N-54HL4 JKM410N-54HL4-V		JKM415N-54HL4 JKM415N-54HL4-V		JKM420N-54HL4 JKM420N-54HL4-V		JKM425N-54HL4 JKM425N-54HL4-V		JKM430N-54HL4 JKM430N-54HL4-V	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax)	410Wp	308Wp	415Wp	312Wp	420Wp	316Wp	425Wp	320Wp	430Wp	323Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	31.13V	29.06V	31.32V	29.21V	31.51V	29.34V	31.70V	29.50V	31.88V	29.63V
Maximum Power Current (Imp)	13.17A	10.61A	13.25A	10.68A	13.33A	10.76A	13.41A	10.83A	13.49A	10.91A
Open-circuit Voltage (Voc)	37.73V	35.84V	37.92V	36.02V	38.11V	36.20V	38.30V	36.38V	38.49V	36.56V
Short-circuit Current (Isc)	13.91A	11.23A	13.99A	11.29A	14.07A	11.36A	14.15A	11.42A	14.23A	11.49A
Module Efficiency STC (%)	21.00%		21.25%		21.51%		21.76%		22.02%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.045%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

- *Controlador de carga Victron Energy SmartSolar MPPT 150/85 con conexión de tornillo o FV MC4.*

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 "equalización"	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/Sobretensión				
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				
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.					
1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.					
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.					
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)					

- *Baterías Victron Energy OPzS Solar 3040 Ah (Ver en Anexo 1).*

• *Inversor Victron Energy Quattro 48/15000/200 – 100/100.*

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	Sí				
Conmutador de transferencia integrado	Sí				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	60 / 60	60	110
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40	75
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15	20
CARGADOR					
Tensión de carga de 'absorción' (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Tensión de carga de "flotación" (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)				
Sensor de temperatura de la batería	Sí				
GENERAL					
Salida auxiliar (A) (5)	25	50	50	50	50
Relé programable (6)	3x	3x	3x	3x	3x
Protección (2)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general On/Off remoto	2x	2x	2x	2x	2x
Características comunes	Temp. de trabajo: -40 a +65 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Grado de protección IP 21				
Conexión a la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)				
Conexión 230 V CA	Bornes de tomillo de 13 mm. ² (6 AWG)	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	51	72
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	572 x 488 x 344
NORMATIVAS					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1				
Emisiones, Inmunidad	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				
Vehículos de carretera	Modelos de 12 y 24V: ECE R10-4				
Antiisla	Visítese nuestra página web				
1) Puede ajustarse a 60 Hz; 120 V 60 Hz si se solicita	3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1				
2) Claves de protección:	4) A 25 ° C de temperatura ambiente				
a) cortocircuito de salida	5) Se desconecta sin hay fuente CA externa disponible				
b) sobrecarga	6) Relé programable que puede configurarse, entre otros, como				
c) tensión de la batería demasiado alta	función de alarma general, subtensión CC o arranque del generador				
d) tensión de la batería demasiado baja	Capacidad nominal CA 230 V/4 A				
e) temperatura demasiado alta	Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 VCC, 1 A hasta 60 VCC				
f) 230 VCA en la salida del inversor					
g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta					

- *Wallbox Commander 2.*

Wallbox Commander 2

Wallbox Commander 2 es un sistema de carga avanzado e inteligente para vehículos enchufables, diseñado para puntos de carga semipúblicos y de empresa. Es un diseño nuevo y mejorado de segunda generación, que incorpora protección interna contra fugas de DC, lo que hace que la instalación sea más fácil y económica.

El cargador se conecta con la plataforma de gestión myWallbox, que hace que sea inteligente y permite que múltiples usuarios accedan mediante un sencillo código PIN, una tarjeta RFID o la aplicación móvil Wallbox. Cuenta con una atractiva pantalla táctil y es fácil de usar. Se puede personalizar para reflejar tus preferencias personales y puede mostrar mensajes y logotipos de empresa.

Funcionalidades destacadas

- Capacidad para administrar múltiples usuarios mediante un código PIN, RFID y la aplicación móvil Wallbox.
- Equilibra la potencia de carga entre los distintos cargadores gracias a Power Sharing Smart.
- Interfaz de pantalla táctil de 7".
- Seguimiento en tiempo real a través de myWallbox.
- Protección contra fugas de DC integrada.

Especificaciones generales

Modelo	Commander 2
Color	Blanco o Negro
Longitud del cable	5 m (7 m opcional) ^[1]
Modo de carga (IEC 61851-1)	Modo 3
Dimensiones	221x152x115 mm (sin cable)
Peso	2,4 kg (sin cable)
Temperatura de funcionamiento	-25 °C a 40 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a 70 °C
Estandar	Marca CE (LVD 2014/35/EU, EMCD 2014/30/EU) IEC 61851-1, IEC 61851-22, IEC 62196-2

Especificaciones eléctricas

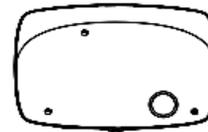
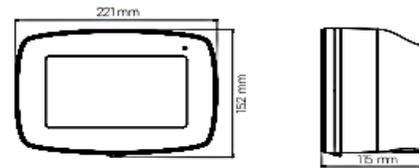
Potencia máxima	3,7 kW	7,4 kW	11 kW	22 kW
Voltaje de entrada AC ± 10%	220 V - 240 V	220 V - 240 V	400 V	400 V
Corriente máxima	16 A (1P)	32 A (1P)	16 A (3P)	32 A (3P)
Tipo de conector (IEC 62196-2)	Tipo 1	Tipo 1 / Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2

Grosor del cable	5 x 10 mm ²
Frecuencia nominal	50 Hz / 60 Hz
Corriente de carga configurable	de 6 A a potencia máxima
Grado de protección	IP54 / IK10
Categoría de sobrevoltaje	CAT II
Detección de corriente residual	DC 6 mA
RCCB	Requiere RCCB externo ^[2]

Interfaz de usuario y comunicaciones

Conectividad	Wi-Fi / Ethernet / Bluetooth
Identificación del usuario	Código PIN / RFID / Wallbox App / myWallbox Portal
Interfaz de usuario	Pantalla táctil de 7" / Wallbox App / myWallbox Portal
Información de estado del cargador	RGB LED / Información de pantalla / Wallbox App / myWallbox Portal
Características incluidas	Power Sharing Smart
Funciones opcionales	Conectividad 3G/4G / Power Boost

Dimensiones



[1] Solo disponible para cargadores 3P 32 A de tipo 2.
[2] Tipo A o Tipo B según la normativa local.

Estructura del número de pieza

XXXX-X-X-X-XXX-X
1 2 3 4 5 6 7

Posición	1 - MODELO	2 - CABLE	3 - CONECTOR	4 - POTENCIA	5 - FUNCIONALIDAD ADICIONAL	6 - PERSONALIZACIÓN	7 - REVISIÓN
Variantes - Definición	CMX2 - Commander 2	O - 5 m M - 7 m	1 - Tipo 1 2 - Tipo 2	1 - 3,7 kW 2 - 7,4 kW 3 - 11 kW 4 - 22 kW	3 - Detección de corriente residual + RFID	XX1 - Blanco XX2 - Negro	X - Revisión X

Anexo 11. Hojas de datos de los equipos utilizados en el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico conectado a la red para el vehículo eléctrico Kia Sould.

- *Panel Jinko Solar Tiger Neo N-type 54HL4-(V) 415 Watt (Ver en Anexo 10).*
- *Inversor Fronius Symo 15.0 – 3, 208 WLAN/LAN.*

DATOS DE ENTRADA CD	SYMO 15.0-3 480	SYMO 20.0-3 480	SYMO 22.7-3 480	SYMO 24.0-3 480
Potencia FV Recomendada (kWp)	12.0 – 19.5	16.0 - 26.0	18.0 - 29.5	19.0 - 31.0
Máxima corriente de entrada nominal (MPP1/MPP2)	33.0 A / 25.0 A			
Maxima corriente (MPPT 1 + MPPT 2)	51 A			
Máxima corriente de entrada de corto circuito admisible (MPPT 1/MPPT 2)	49.5 A / 37.5 A			
Tensión nominal de entrada 480 V	685 V	710 V	720 V	
Rango de tensión de operación	200-1000 V			
Tensión de puesta en marcha	200 V			
Rango de tensión MPP	350-800 V	450-800 V	500-800 V	
Tensión máxima de entrada	1000 V			
Máximo conductor admisible en CD	6 AWG cobre, 6 AWG aluminio, 2 AWG cobre o aluminio con peineta de distribución			
Portafusibles integrados en CD	NA	6- y 6+		
Corriente máxima de entrada de corto circuito por terminal	33A	15A		
Número de MPPT	2			

* Se requiere Fronius Shade Cover para montaje en ángulo menor a 15° en exterior.

DATOS DE SALIDA CA	SYMO 15.0-3 480	SYMO 20.0-3 480	SYMO 22.7-3 480	SYMO 24.0-3 480
Potencia Máxima de salida 480 V	14995 VA	19995 VA	22727 VA	23995 VA
Configuración de salida	480 V Delta +N**			
Rango de frecuencia (ajustable)	45-65 Hz			
Frecuencia nominal de operación	60 Hz			
Tamaño de conductor de CA admisible	AWG 14-AWG 6			
Distorsión armónica total	<1.5 %	<1.0 %	<1.25 %	<1.0 %
Factor de potencia (cos phi)	Ajustable (0.85 ind./0.85 cap.)			
Máxima corriente de salida 480 V	18.0 A	24.0 A	27.3 A	28.9 A
OCPD / Interruptor CA recomendado 480 V	25 A	30 A	35 A	40 A
Máxima eficiencia	98.0 %			
Eficiencia CEC 480 V	97.0 %	97.5 %	97.5 %	97.5 %

DATOS GENERALES	SYMO 15.0-3 480	SYMO 20.0-3 480	SYMO 22.7-3 480	SYMO 24.0-3 480
Peso	43.4 kg			

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	DISPONIBLE EN TODOS LOS MODELOS SYMO
Polaridad inversa CD	Sí
Anti isla	Interna, de acuerdo con UL 1741-2010, IEEE 1547-2003 y NEC
Sobrettemperatura	Reducción de potencia de salida / enfriamiento activo
AFCI	Sí
Cumplimiento de Rapid Shutdown	Sí
Interrupción de falla a tierra por monitorización de aislamiento	Sí
Desconexión de CD	Sí

INTERFACES	DISPONIBLE EN TODOS LOS MODELOS SYMO
USB (Socket TIPO A)	Registro de datos y actualización de firmware via USB
2x RS422 (RJ45 socket)	Fronius Solar.Net; protocolo de interfaz
DISPONIBLE CON LA TARJETA DATAMANAGER 2.0 (SOLO SE NECESITA UNA TARJETA PARA HASTA 100 INVERSORES)	
Wi-Fi* / Ethernet / Serial / Datalogger y servidor web	Estandar inalámbrico 802.11 b/g/n Fronius Solar.web, SunSpec Modbus TCP, JSON / SunSpec Modbus RTU
6 E/S digitales configurables + 4 entradas digitales	Gestión de cargas eléctricas; encendido de señales, E/S multipropósito
Comunicación mediante línea de potencia (PLC)	Sí – Comunicación estándar SunSpec Rapid Shutdown
Compatibilidad con electrónica de nivel modular	Tigo TS4-F basado en SunSpec PLC (prueba pendiente)

- *Wallbox Commander 2 (Ver en Anexo 10).*
- *Medidor bidireccional Fronius Smart Meter 240 V – 3 UL (Ver en Anexo 1).*

Anexo 12. Dimensionamiento matemático para el sistema fotovoltaico independiente y conectado a la red de la electrolinera BYD e5.

Parámetros	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Energía diaria real consumida (kWh)	320.57	53.42	320.57	320.57
Número de paneles en serie			99	4
Número de paneles en paralelo			2	49
Número total de paneles	195	33	198	196
Potencia nominal del generador fotovoltaico (kWp)	83.85	14	85	84
Tensión del sistema (V)	48	48	48	48
Corriente del sistema (A)		1.113		
Número de baterías en serie			24	
Número de baterías en paralelo			4	
Número total de baterías		2	96	
Capacidad de almacenamiento necesaria (kWh)				1923.42
Capacidad de almacenamiento útil (Ah)	18.365	4.452	16.696	40071.25
Voltaje de circuito abierto del regulador (V)			> 3811	
Corriente máxima del regulador (A)		> 391,65	> 35	> 720,2
Potencia máxima del inversor (kW)	> 84	> 16.8	> 85	> 84

Nota: Elaborado por el autor

Anexo 13. Dimensionamiento del cableado para los sistemas fotovoltaicos de la electrolinera BYD e5.

- *Características del cableado para el sistema fotovoltaico independiente.*

Tramo	Longitud (m)	Máxima caída de tensión permitida (ΔV)	I _{max} (A)	V _{max} (V)	S (mm ²)	AWG	Tipo
Paneles – Controlador de carga 1	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 2	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 3	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 4	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 5	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 6	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 7	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 8	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 9	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 10	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 11	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 12	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 13	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 14	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 15	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC

Paneles – Controlador de carga 16	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 17	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Paneles – Controlador de carga 18	21	3%	40.47	95.64	13.11	6	CC
Controlador de carga – Baterías	2	1%	1262	48	231.36	7/0	CC
Baterías – Inversores	1	1%	1563	48	143.27	4/0	CC
Inversor – Tablero de distribución	15	5%	341	220	20.40	4	CA

Nota. Elaborado por el autor.

- *Características del cableado para el sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Tramo	Longitud (m)	Máxima caída de tensión permitida (ΔV)	I _{max} (A)	V _{max} (V)	S (mm ²)	AWG	Tipo
Paneles – Inversor 1	155	3%	40.47	701.33	13.11	6	CC
Paneles – Inversor 2	155	3%	40.47	701.33	13.11	6	CC
Paneles – Inversor 3	155	3%	40.47	701.33	13.11	6	CC
Inversor – Tablero de distribución	15	5%	368.18	220	22	4	CA

Nota. Elaborado por el autor.

Anexo 14. Dimensionamiento de las protecciones para los sistemas fotovoltaicos de la electrolinera BYD e5.

- *Características de las protecciones para el sistema fotovoltaico independiente.*

Tramo	Categoría	I _{max} (A)	V _{max} (V)	Tipo
Paneles – Controlador de carga 1	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 2	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 3	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 4	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 5	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 6	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 7	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 8	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 9	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 10	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 11	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 12	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 13	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 14	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 15	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 16	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 17	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 18	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Controlador de carga 1	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 2	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 3	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 4	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC

Paneles – Controlador de carga 5	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 6	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 7	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 8	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 9	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 10	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 11	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 12	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 13	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 14	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 15	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 16	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 17	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Paneles – Controlador de carga 18	Protector contra sobretensión		≥ 95.64	CC
Controlador de carga – Baterías	fusible		≥ 1262	CC
Baterías – Inversor	fusible		≥ 1563	CC
Inversor – Tablero de distribución	Interruptor termomagnético		≥ 341	CA
Interruptor termomagnético – Carga	Interruptor diferencial		> 341	CA
Tablero de distribución	Protector contra sobretensión		≥ 220	CA

Nota. Elaborado por el autor.

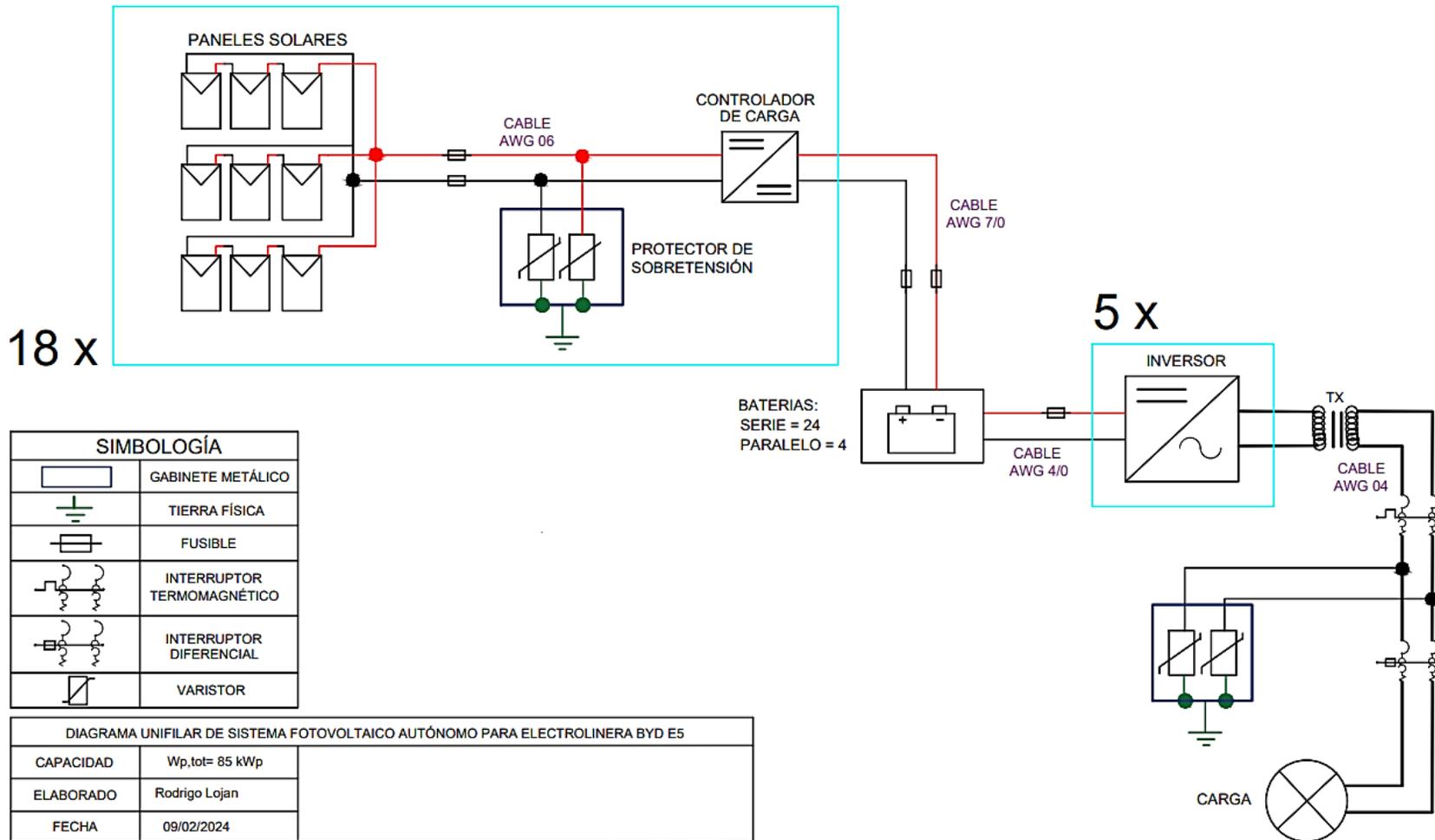
- *Características de las protecciones para el sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Tramo	Clase	I_{max} (A)	V_{max} (V)	Tipo
Paneles – Inversor 1	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Inversor 2	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Inversor 3	fusible	≥ 40.47		CC
Paneles – Inversor 1	Protector contra sobretensión		≥ 701.33	CC
Paneles – Inversor 2	Protector contra sobretensión		≥ 701.33	CC
Paneles – Inversor 3	Protector contra sobretensión		≥ 701.33	CC
Inversor – Tablero de distribución	Interruptor termomagnético	≥ 368.18		CA
Interruptor termomagnético – Carga	Interruptor diferencial	> 368.18		CA
Tablero de distribución	Protector contra sobretensión		≥ 220	CA

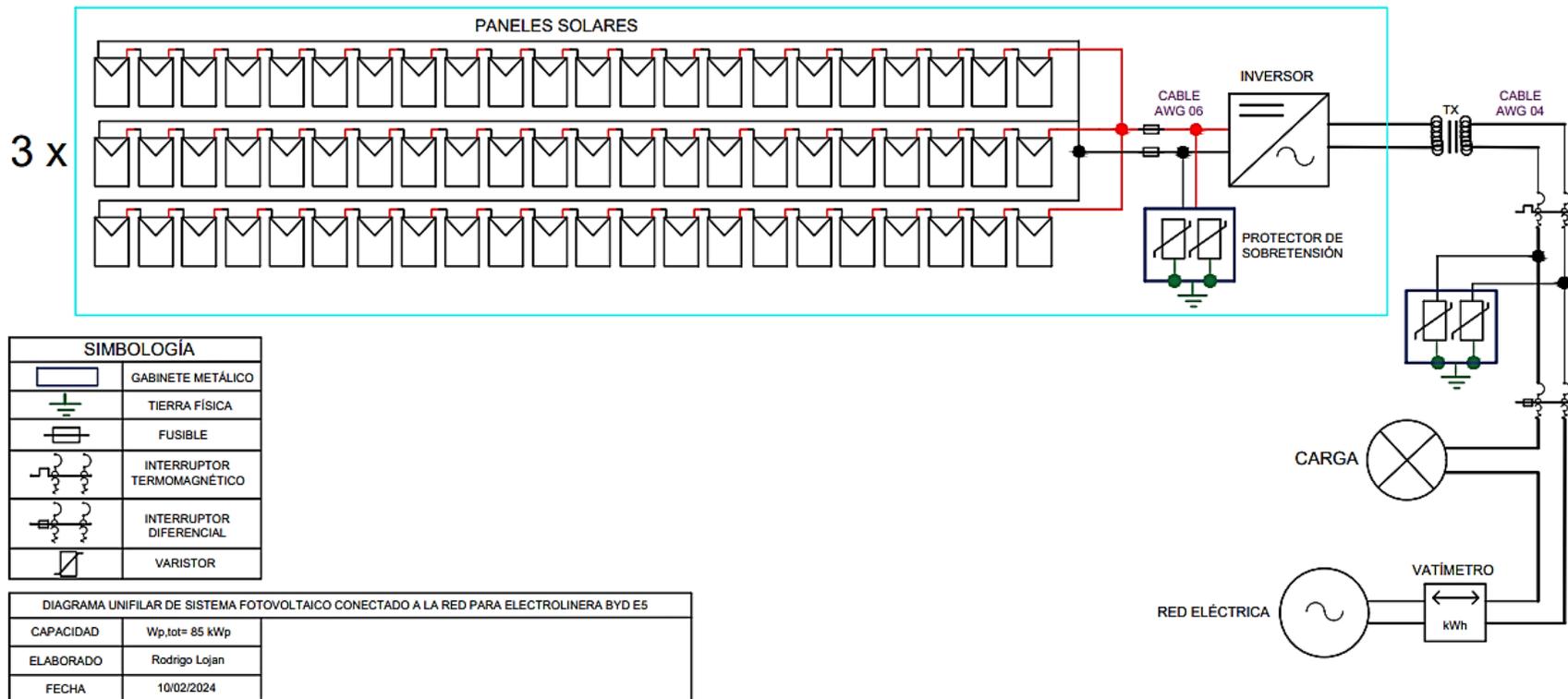
Nota. Elaborado por el autor.

Anexo 15. Esquemas de conexión y distribución de los sistemas fotovoltaicos para la electrolinería BYD e5.

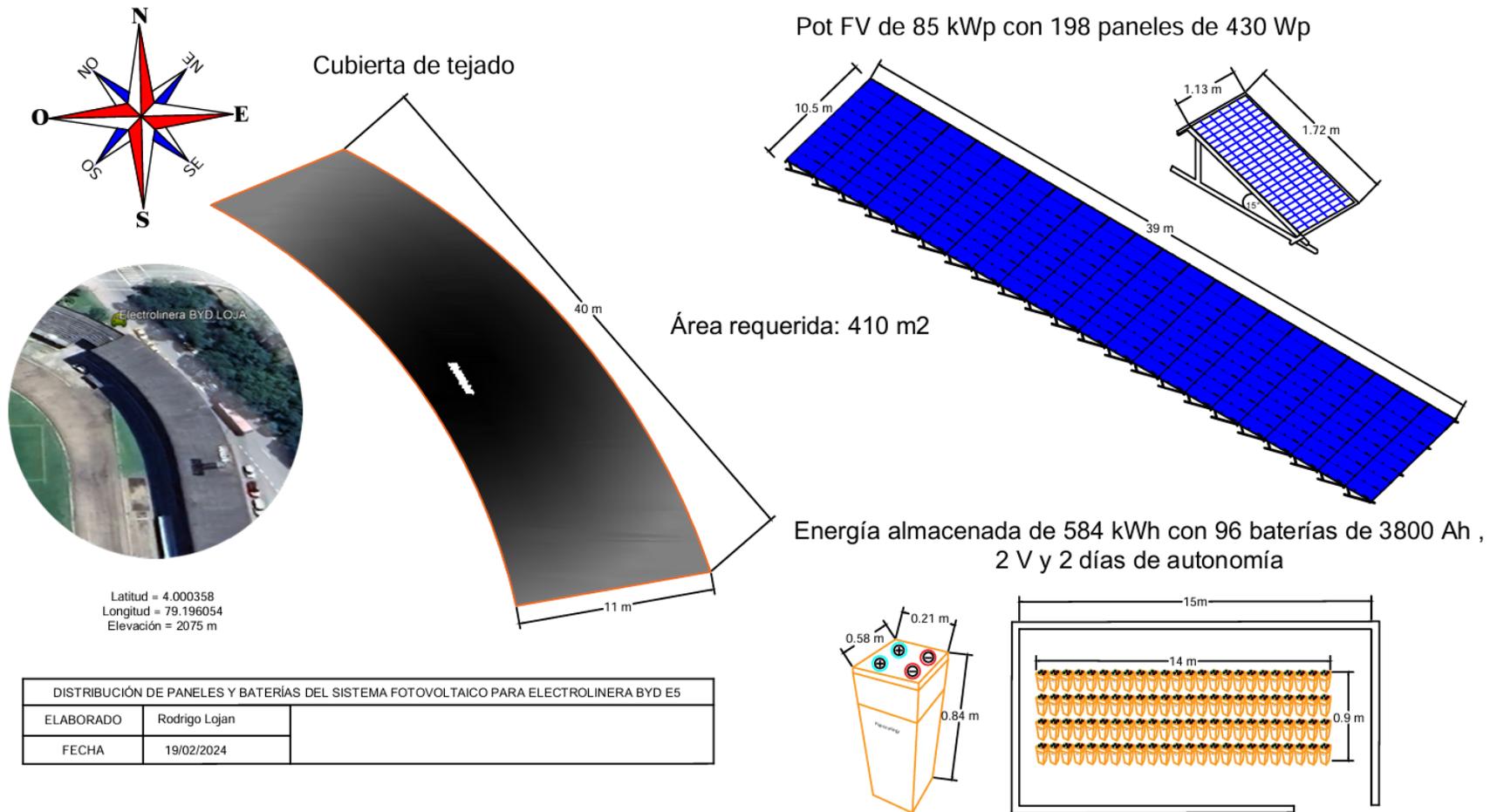
- Diagrama unifilar para el sistema fotovoltaico independiente.



- Diagrama unifilar para el sistema fotovoltaico conectado a la red.



- *Distribución de paneles y baterías del sistema fotovoltaico para la electrolinera BYD e5.*



Anexo 16. Principales equipos de los sistemas fotovoltaicos para la electrolinera BYD e5.

- *Características de los equipos usados en el sistema fotovoltaico independiente.*

Modulo fotovoltaico			
<i>Marca</i>	JinkoSolar	<i>Vmp</i>	31.88 V
<i>Modelo</i>	TigerPro 54 HC	<i>Imp</i>	13.49 A
<i>Tecnología</i>	Monocristalino	<i>Voc</i>	38.49 V
<i>Potencia nominal</i>	430 Wp	<i>Isc</i>	14.23 A
<i>N° celdas</i>	108 (6 × 18)	<i>Dimensiones</i>	1722× 1134 × 30 mm
<i>Peso</i>	22.0 kg (48.50 lbs)	<i>Eficiencia</i>	Mayor al 22.02%
Controlador de Carga			
<i>Marca</i>	Victron Energy	<i>Corriente carga nominal</i>	70 A
<i>Modelo</i>	SmartSolar FV MC4	<i>Tensión FV CC máxima</i>	150 V
<i>Tipo</i>	MPPT	<i>Tensión de arranque</i>	145 V
<i>Tensión de sistema</i>	48 V	<i>Eficiencia</i>	98%
<i>Potencia FV nominal</i>	4000 W	<i>Peso</i>	3 Kg
Inversor			
<i>Marca</i>	Victron Energy	<i>Tensión de salida</i>	230 V en CA
<i>Modelo</i>	Quattro	<i>Tensión de sistema</i>	48 V
<i>Potencia de salida</i>	15.000	<i>Corriente de alimentación</i>	2 × 100 A
<i>Pico de potencia</i>	16.000	<i>Eficiencia</i>	96%
Batería			
<i>Marca</i>	Victron	<i>Capacidad</i>	3800 Ah
<i>Modelo</i>	OPzS – 3800	<i>Voltaje</i>	2 V
<i>Tipo</i>	OPzS	<i>Peso</i>	145 Kg
<i>Celdas por unidad</i>	1	<i>Vida útil</i>	20 años
Wallbox			
<i>Marca</i>	eHome	<i>Potencia máxima de salida</i>	3.6 kW – 7.2 kW
<i>Modelo</i>	T2C32	<i>Corriente máxima de salida</i>	16 A – 32 A
<i>Tensión CA</i>	230 V CA +/- 10%	<i>Dimensiones</i>	315 × 180 × 110 mm

Nota. Elaborado por el autor.

- *Características de los equipos usados en el sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Modulo fotovoltaico			
<i>Marca</i>	JinkoSolar	<i>Vmp</i>	31.88 V
<i>Modelo</i>	TigerPro 54 HC	<i>Imp</i>	13.49 A
<i>Tecnología</i>	Monocristalino	<i>Voc</i>	38.49 V
<i>Potencia nominal</i>	430 Wp	<i>Isc</i>	14.23 A
<i>N° celdas</i>	108 (6 × 18)	<i>Dimensiones</i>	1722× 1134 × 30 mm
<i>Peso</i>	22.0 kg (48.50 lbs)	<i>Eficiencia</i>	Mayor al 22.02%
Inversor			
<i>Marca</i>	Fronius	<i>Rango de voltaje MPPT</i>	580 – 850 V
<i>Modelo</i>	Eco 27.0 – 3 – S	<i>Potencia máxima de salida</i>	27000 W

<i>Tipo</i>	MPPT	<i>Corriente máxima de salida</i>	39 A
<i>Potencia FV recomendada</i>	27 kW	<i>Eficiencia</i>	98.3 %
<i>Tensión máxima de entrada</i>	1000 V	<i>Conexión a red</i>	220 – 400 V
<i>Rango corriente MPPT</i>	47.7 A	<i>Frecuencia</i>	60 Hz
Medidor bidireccional			
<i>Marca</i>	Fronius	<i>Frecuencia</i>	50 Hz – 60 Hz
<i>Modelo</i>	Smart Meter	<i>Autoconsumo</i>	1.2 W (60 Hz)
<i>Rango de voltaje de funcionamiento (línea a línea)</i>	166 V – 276 V	<i>Valor nominal máximo aparente fuerza</i>	4 VA
Wallbox			
<i>Marca</i>	eHome	<i>Potencia máxima de salida</i>	3.6 kW – 7.2 kW
<i>Modelo</i>	T2C32	<i>Corriente máxima de salida</i>	16 A – 32 A
<i>Tensión CA</i>	230 V CA +/- 10%	<i>Dimensiones</i>	315 × 180 × 110 mm

Nota. Elaborado por el autor.

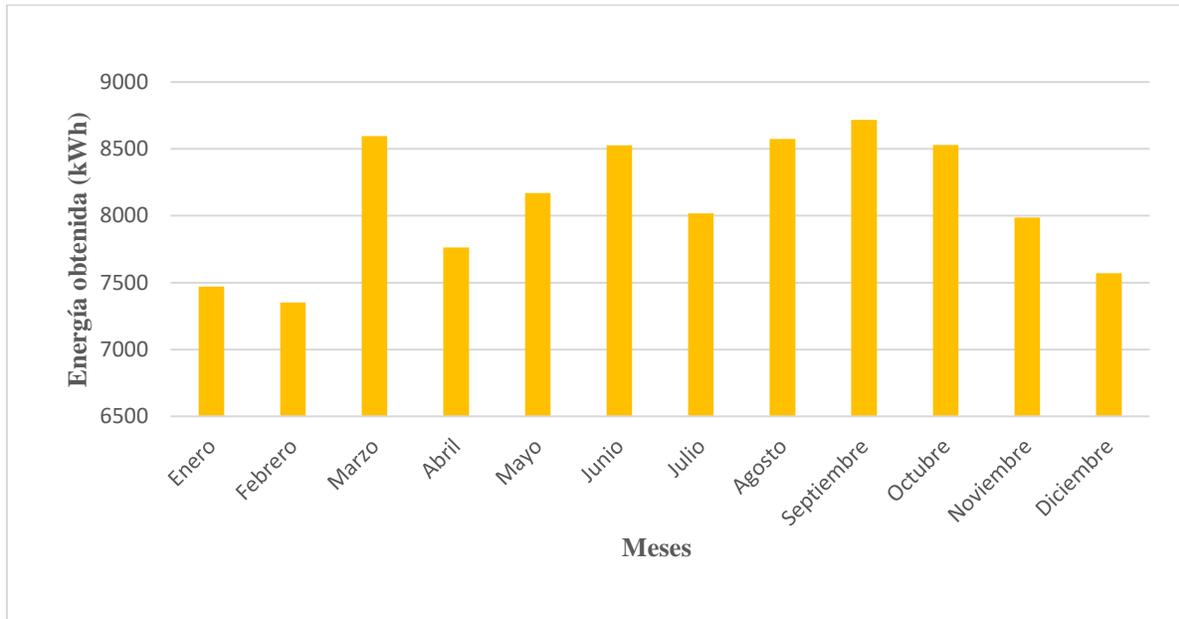
Anexo 17. Resultados de simulación en el software PVsyst para los sistemas fotovoltaicos de la electrolinera BYD e5.

- *Parámetros y resultados de PVsyst para el sistema fotovoltaico independiente.*

Principales parámetros del sistema fotovoltaico			
<i>Diseño del generador FV</i>	18 arreglos de: 3 paneles en serie × 3 paneles en paralelo.	<i>Potencia nominal</i>	70 kWp
<i>Angulo de inclinación de paneles</i>	15°	<i>Acimut</i>	0°
<i>Área</i>	316 m ²	<i>Necesidad de usuario</i>	117 MWh/año
<i>Autonomía</i>	2 días	<i>Capacidad de baterías</i>	3800 Ah
Resultados de simulación			
<i>Energía producida</i>	97.28 MWh/año	<i>Producción específica</i>	1396 kWh/kWp/año
<i>Factor de rendimiento</i>	80.4 %	<i>Ahorro de energía</i>	83.14 %

Nota. Elaborado por el autor.

- *Energía obtenida anualmente del sistema fotovoltaico independiente.*



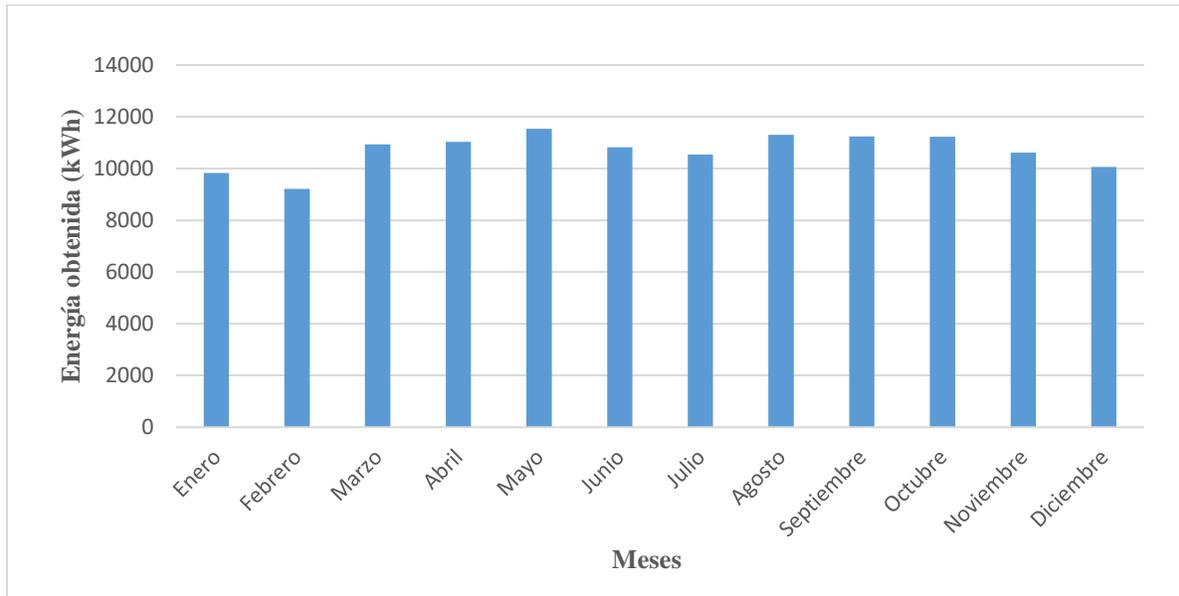
Nota. Elaborado por el autor.

- *Parámetros y resultados de PVSyst para el sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Principales parámetros del sistema fotovoltaico			
<i>Diseño del generador FV</i>	3 arreglos de: 22 paneles en serie × 3 paneles en paralelo.	<i>Potencia nominal</i>	85.1 kWp
<i>Angulo de inclinación de paneles</i>	15°	<i>Acimut</i>	0°
<i>Área</i>	387 m ²	<i>Necesidad de usuario</i>	117 MWh/año
<i>Numero de inversores</i>	3	<i>Potencia de CA nominal</i>	81 kW CA
Resultados de simulación			
<i>Energía producida</i>	128.33 MWh/año	<i>Producción específica</i>	1507 kWh/kWp/año
<i>Factor de rendimiento</i>	86.8 %	<i>Ahorro de energía</i>	109.68 %

Nota. Elaborado por el autor.

- *Energía obtenida anualmente del sistema fotovoltaico conectado a la red.*



Nota. Elaborado por el autor.

- *Número de vehículos eléctricos cargados en el sistema fotovoltaico independiente directo (sin baterías).*

$N_{ev} = 10$ vehículos

- *Número de vehículos eléctricos cargados en el sistema fotovoltaico independiente con baterías.*

$N_{ev} = 20$ vehículos

- *Número de vehículos eléctricos cargados en el sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica*

$N_{ev} = 13$ vehículos

- *Tiempo de carga de los vehículos eléctricos en la electrolinera*

$T_{crg} = 40$ min

Anexo 18. Análisis económico para los sistemas fotovoltaicos de la electrolinera BYD e5.

- *Presupuesto total del sistema fotovoltaico independiente.*

Equipos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Panel Jinko Solar TigerPro 54HC 430 Watt.	162	265.3	42978.6
Controlador de carga Victron Energy MPPT Smart Solar FV MPPT 150/70 MC4.	18	460	8280
Inversor Victron Energy Quattro 48/15000/200–100/100.	5	5273	26365
Batería Victron Energy OpzS Solar 2 V– 3800 Ah	96	1470	141120
Wallbox	2	849	1698
Protecciones DC	1	780	780
Protecciones AC	1	370	370
Estimado de cables y conectores	1	4120	4120
Total			225711.6

Nota. Elaborado por el autor.

- *Cálculo del periodo de amortización del sistema fotovoltaico independiente.*

Año	Degradación (%)	Energía Producida (kWh)	Consumo (kWh)	Precio de la Energía (USD/KWh)	Ahorro monetario (USD)	O&M (USD)	Flujo de Caja	Amortización
0	0.00	0.00	117008.05	0.105	0.00	0.00	-225711.6	
1	0.55	96744.96	114667.89	0.106	12154.8	2257.11	9897.69	-215813.91
2	1.1	96212.86	112374.53	0.107	12024.07	2279.68	9744.39	-206069.52
3	1.65	95683.69	110127.04	0.108	11893.72	2302.48	9591.24	-196478.28
4	2.2	95157.43	107924.5	0.109	11763.77	2325.5	9438.27	-187040.01
5	2.75	94634.06	105766.01	0.111	11740.03	2348.76	9391.27	-177648.74
6	3.3	94113.57	103650.69	0.112	11608.88	2372.25	9236.63	-168412.11
7	3.85	93595.95	101577.68	0.113	11478.28	2395.97	9082.31	-159329.8
8	4.4	93081.17	99546.13	0.114	11348.26	2419.93	8928.33	-150401.47
9	4.95	92569.22	97555.21	0.115	11218.85	2444.13	8774.72	-141626.75
10	5.5	92060.09	95604.11	0.116	11090.08	2468.57	8621.51	-133005.24
11	6.05	91553.76	93692.03	0.117	10961.97	2493.26	8468.71	-124536.53
12	6.6	91050.21	91818.19	0.118	10834.55	2518.19	8316.36	-116220.17
13	7.15	90549.43	89981.83	0.119	10707.84	2543.37	8164.47	-108055.7
14	7.7	90051.41	88182.19	0.121	10670.04	2568.8	8101.24	-99954.46
15	8.25	89556.13	86418.55	0.122	10543.06	2594.49	7948.57	-92005.89
16	8.8	89063.57	84690.18	0.123	10416.89	2620.43	7796.46	-84209.43
17	9.35	88573.72	82996.38	0.124	10291.55	2646.63	7644.92	-76564.51
18	9.9	88086.56	81336.45	0.125	10167.06	2673.1	7493.96	-69070.55
19	10.45	87602.08	79709.72	0.126	10043.42	2699.83	7343.59	-61726.96
20	11	87120.27	78115.53	0.127	9920.67	2726.83	7193.84	-54533.12
21	11.55	86641.11	76553.22	1.127	86275.48	2754.1	83521.38	28988.26
22	12.1	86164.58	75022.16	2.127	159572.13	2781.64	156790.49	185778.75
23	12.65	85690.67	73521.72	3.127	229902.42	2809.46	227092.96	412871.71
24	13.2	85219.37	72051.29	4.127	297355.67	2837.55	294518.12	707389.83
25	13.75	84750.66	70610.26	5.127	362018.8	2865.93	359152.87	1066542.7

Nota. Elaborado por el autor.

- *Presupuesto total del sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Equipos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Panel Jinko Solar TigerPro 54HC 430 Watt	198	265.3	52529.4
Inversor Fronius Eco 27.0 – 3 – S	3	4642.4	13927.2
Medidor bidireccional Fronius Smart Meter 240 V – 3UL	1	870	870
Wallbox	2	849	1698
Protecciones DC	1	470	470
Protecciones AC	1	350	350
Estimado de cables y conectores	1	3080	3080
Total			72924.6

Nota. Elaborado por el autor.

- *Cálculo del periodo de amortización del sistema fotovoltaico conectado a la red.*

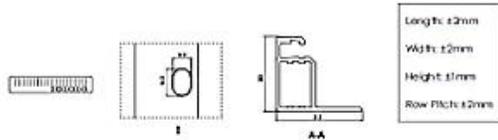
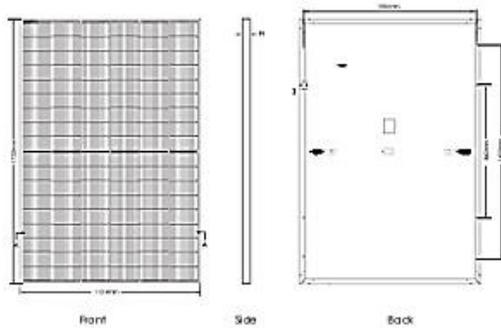
Año	Degradación (%)	Energía Producida (kWh)	Consumo de Energía (kWh)	Energía extraída (+) o almacenada (-) a la red (kWh)	Costo de la Energía (USD/KWh)	Ahorro monetario (USD)	O&M (USD)	Flujo de Caja	Amortización
0	0.00	0.00	117008.05	117008.05	0.105	0.00	0.00	-72924.6	
1	0.55	127630.15	114667.89	-12962.26	0.106	12154.8	729.24	11425.56	-61499.04
2	1.1	126928.18	112374.53	-14553.65	0.107	12024.07	736.53	11287.54	-50211.5
3	1.65	126230.08	110127.04	-16103.04	0.108	11893.72	743.9	11149.82	-39061.68
4	2.2	125535.81	107924.5	-17611.31	0.109	11763.77	751.34	11012.43	-28049.25
5	2.75	124845.36	105766.01	-19079.35	0.111	11740.03	758.85	10981.18	-17068.07
6	3.3	124158.71	103650.69	-20508.02	0.112	11608.88	766.44	10842.44	-6225.63
7	3.85	123475.84	101577.68	-21898.16	0.113	11478.28	774.1	10704.18	4478.55
8	4.4	122796.72	99546.13	-23250.59	0.114	11348.26	781.84	10566.42	15044.97
9	4.95	122121.34	97555.21	-24566.13	0.115	11218.85	789.66	10429.19	25474.16
10	5.5	121449.67	95604.11	-25845.56	0.116	11090.08	797.56	10292.52	35766.68
11	6.05	120781.7	93692.03	-27089.67	0.117	10961.97	805.54	10156.43	45923.11
12	6.6	120117.4	91818.19	-28299.21	0.118	10834.55	813.6	10020.95	55944.06
13	7.15	119456.75	89981.83	-29474.92	0.119	10707.84	821.74	9886.1	65830.16
14	7.7	118799.74	88182.19	-30617.55	0.121	10670.04	829.96	9840.08	75670.24
15	8.25	118146.34	86418.55	-31727.79	0.122	10543.06	838.26	9704.8	85375.04
16	8.8	117496.54	84690.18	-32806.36	0.123	10416.89	846.64	9570.25	94945.29
17	9.35	116850.31	82996.38	-33853.93	0.124	10291.55	855.11	9436.44	104381.73
18	9.9	116207.63	81336.45	-34871.18	0.125	10167.06	863.66	9303.4	113685.13
19	10.45	115568.49	79709.72	-35858.77	0.126	10043.42	872.3	9171.12	122856.25
20	11	114932.86	78115.53	-36817.33	0.127	9920.67	881.02	9039.65	131895.9
21	11.55	114300.73	76553.22	-37747.51	1.127	86275.48	889.83	85385.65	217281.55
22	12.1	113672.08	75022.16	-38649.92	2.127	159572.13	898.73	158673.4	375954.95
23	12.65	113046.88	73521.72	-39525.16	3.127	229902.42	907.72	228994.7	604949.65
24	13.2	112425.12	72051.29	-40373.83	4.127	297355.67	916.8	296438.87	901388.52
25	13.75	111806.78	70610.26	-41196.52	5.127	362018.8	925.97	361092.83	1262481.35

Nota. Elaborado por el autor.

Anexo 19. Hojas de datos de los equipos utilizados en el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico independiente para la electrolinera BYD e5.

- *Panel Jinko Solar Tiger Neo N-type 54HL4-(V) 430 Watt.*

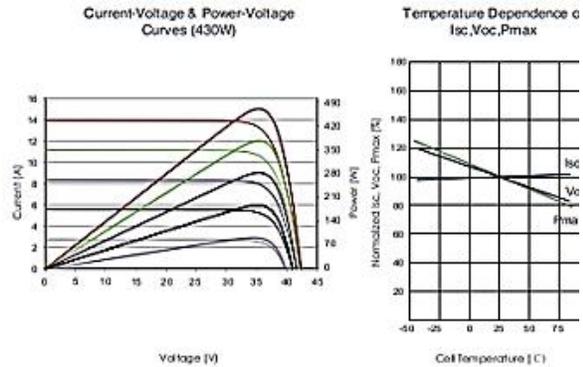
Engineering Drawings



Packaging Configuration

[Two pallets = One stack]
36pcs/pallets, 72pcs/stack, 936pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	108 (6×18)
Dimensions	1722×1134×30mm (67.79×44.65×1.18 inch)
Weight	22 kg (48.50 lbs)
Front Glass	3.2mm Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM410N-54HL4		JKM415N-54HL4		JKM420N-54HL4		JKM425N-54HL4		JKM430N-54HL4	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	410Wp	308Wp	415Wp	312Wp	420Wp	316Wp	425Wp	320Wp	430Wp	323Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	31.13V	29.06V	31.32V	29.21V	31.51V	29.34V	31.70V	29.50V	31.88V	29.63V
Maximum Power Current (Imp)	13.17A	10.61A	13.25A	10.68A	13.33A	10.76A	13.41A	10.83A	13.49A	10.91A
Open-circuit Voltage (Voc)	37.73V	35.84V	37.92V	36.02V	38.11V	36.20V	38.30V	36.38V	38.49V	36.56V
Short-circuit Current (Isc)	13.91A	11.23A	13.99A	11.29A	14.07A	11.36A	14.15A	11.42A	14.23A	11.49A
Module Efficiency STC (%)	21.00%		21.25%		21.51%		21.76%		22.02%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.045%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

- *Controlador de carga Victron Energy SmartSolar MPPT 150/70 con conexión de tornillo o FV MC4.*

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 "equalización"	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/Sobretensión				
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				
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia. 1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V. 2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador. 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)					

- *Baterías Victron Energy OPzS Solar 3800 Ah (Ver en Anexo 1).*
- *Inversor Victron Energy Quattro 48/15000/200 – 100/100 (Ver en Anexo 10).*
- *Wallbox eHome T2C32 (Ver en Anexo 1).*

Anexo 20. Hojas de datos de los equipos utilizados en el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico conectado a la red para la electrolinera BYD e5.

- *Panel Jinko Solar Tiger Neo N-type 54HL4-(V) 430 Watt (Ver en Anexo 22).*
- *Inversor Fronius Eco 27.0 – 3 – S.*

DATOS TÉCNICOS FRONIUS ECO

DATOS DE ENTRADA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx.}$)	44,2 A	47,7 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV		71,6 A
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)		580 V
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)		650 V
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)		580 V
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)		1.000 V
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)		580 - 850 V
Número de seguidores MPP		1
Número de entradas CC		6
Máxima salida del generador FV		35,7 kW _{pico}
DATOS DE SALIDA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	25.000 W	27.000 W
Máxima potencia de salida	25.000 VA	27.000 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$)	36,1 A	39,0 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 380 V / 220 V o 3-NPE 400 V / 230 V (+20 % / - 30 %)	
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión no lineal	< 2,0 %	
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.	
DATOS GENERALES	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm	
Peso	35,7 kg	
Tipo de protección	IP 66	
Clase de protección	1	
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾	2 / 3	
Consumo nocturno	< 1 W	
Concepto de inversor	Sin transformador	
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada	
Instalación	Instalación interior y exterior	
Margen de temperatura ambiente	-25 - +60 °C	
Humedad de aire admisible	0 a 100 %	
Máxima altitud	2.000 m	
Tecnología de conexión CC	Conexión de 6x CC+ y 6x CC- bornes roscados 2,5 mm ² - 16 mm ²	
Tecnología de conexión principal	Conexión de 5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²	
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21	

- *Wallbox eHome T2C32 (Ver en Anexo 1).*
- *Medidor bidireccional Fronius Smart Meter 240 V – 3 UL (Ver en Anexo 1).*

Anexo 21. Certificación de traducción del abstract.



Mg. Yanina Quizhpe Espinoza
Licenciada en Ciencias de Educación mención Inglés
Magister en Traducción y mediación cultural

Celular: 0989805087
Email: yaniges@icloud.com
Loja, Ecuador 110104

Loja, 15 de noviembre de 2024

Yo, Lic. Yanina Quizhpe Espinoza, con cédula de identidad 1104337553, docente del Instituto de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, y certificada como traductora e interprete en la Senescyt y en el Ministerio de trabajo del Ecuador con registro **MDT-3104-CCL-252640**, certifico:

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen del Trabajo de Titulación **Prototipo de sistema fotovoltaico híbrido capaz de abastecer de energía a vehículos eléctricos particulares y de estaciones de carga en la ciudad de Loja**, de autoría del estudiante Rodrigo Alexander Lojan Sanchez, con cédula 1150478822, de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, perteneciente a la Facultad de la Energía de Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, es precisa y correcta, conforme a mi leal saber y entender.

Atentamente



Mg. Yanina Quizhpe Espinoza.

Traductora Freelance

Full text translator: servicios de traducción