



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

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

Carrera de Ingeniería Electromecánica

**Factibilidad del sistema fotovoltaico para suministrar
energía a una estación de carga de bicicletas eléctricas en la
ciudad de Loja**

**Trabajo de Titulación, previo a la
obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico**

AUTOR:

Jaime Sebastián Valarezo Borrero

DIRECTOR:

Ing. Julio Roberto Gómez Peña, Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2024

Certificación

Loja, 01 de marzo de 2024

Ing. Julio Roberto Gómez Peña, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Factibilidad del sistema fotovoltaico para suministrar energía a una estación de carga de bicicletas eléctricas en la ciudad de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Electromecánico**, de la autoría del estudiante **Jaime Sebastián Valarezo Borrero**, con **cédula de identidad Nro. 1103859110**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa

.....
Ing. Julio Roberto Gómez Peña, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Jaime Sebastián Valarezo Borrero** 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 o 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 Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



C.I: 1103859110

Fecha: 01/03/2024

Correo Electrónico: jsvalarezob@unl.edu.ec

Teléfono: 0986284731

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

Yo, **Jaime Sebastián Valarezo Borrero**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Factibilidad del sistema fotovoltaico para suministrar energía a una estación de carga de bicicletas eléctricas en la ciudad de Loja**, como requisito para optar el título de: **Ingeniero Electromecánico**; autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio 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, el uno del mes de marzo del dos mil veinticuatro.



Firma:

Autor: Jaime Sebastián Valarezo Borrero

C.I.: 1103859110

Dirección: Segundo Cueva Celi 93-51 y Clodoveo Carrión

Correo electrónico: jsvalarezob@unl.edu.ec

Teléfono: 0986284731

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Julio Roberto Gómez Peña, Mg. Sc.

Dedicatoria

Dedico mi trabajo de titulación a mis padres y abuelos, por darme los ánimos, la fuerza necesaria y por su paciencia.

A mi esposa, por creer en mí y motivarme a seguir hacia adelante.

Jaime Sebastián Valarezo Borrero

Agradecimiento

Una vez conseguido el resultado positivo en este Trabajo de Titulación solamente me queda decir ¡Gracias!

Este trabajo es el resultado de un sin número de acontecimientos, esfuerzos y malas noches, gracias a mis padres, hermanos, abuelos y a mi esposa, por haber formado parte de este camino para llegar a la meta, gracias por el apoyo incondicional.

Agradezco también a los docentes que fueron parte de estas enseñanzas, y a la universidad.

Jaime Sebastián Valarezo Borrero

Índice de contenido

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenido	vii
Índice de tablas:	xi
Índice de figuras:	xii
Índice de anexos:	xiv
1 Título	1
2 Resumen	2
Abstract.....	3
3 Introducción	4
4 Marco teórico	6
4.1 Vehículos eléctricos	6
4.2 Bicicletas eléctricas.....	7
4.2.1 Bicicletas eléctricas según su asistencia	8
4.2.2 Ventajas de utilizar una bicicleta eléctrica.....	8
4.2.3 Desventajas de la bicicleta eléctrica	9
4.3 Scooter	9
4.3.1 Ventajas de utilizar un scooter o patín	10
4.4 Estación de carga	10
4.5 Electrolinera	11
4.6 Introducción general a la energía solar fotovoltaica	12
4.6.1 Fuentes de energía.....	12

4.6.2	Energía renovable	12
4.6.3	Energía solar	13
4.6.4	Energía fotovoltaica	16
4.6.5	Sistemas fotovoltaicos	16
4.7	Paneles solares	18
4.7.1	Panel fotovoltaico	18
4.7.2	Efecto fotovoltaico	18
4.7.3	Tipos de paneles fotovoltaicos.....	19
4.8	Regulador o controlador de carga	20
4.9	Baterías.....	21
4.9.1	Tipos de baterías	21
4.10	Controlador de carga.....	23
4.10.1	Tipos de reguladores	23
4.11	Inversor de corriente para sistemas fotovoltaicos	23
4.11.1	Tipos de inversores	24
4.12	Estacionamiento de bicicletas	26
4.13	HelioScope	27
5	Metodología	28
5.1	Materiales.....	28
5.1.1	Recursos humanos	28
5.1.2	Recursos bibliográficos.....	28
5.1.3	Recursos de oficina	28
5.2	Métodos.....	29
5.3	Bibliografía e información pertinente.	29
5.4	Parámetros para determinar la demanda de carga de las bicicletas.	29
5.5	Diseño del sistema fotovoltaico.	29
5.6	Lugares adecuados para instalar las electrolineras en la ciudad de Loja	30

5.7	Ecuaciones y procedimiento	30
5.7.1	Calcular la potencia de consumo máxima diaria	30
5.7.2	Demanda energética diaria.....	31
5.7.3	Rendimiento Global del sistema (PR).....	31
5.7.4	Ángulo de inclinación (β).....	32
5.7.5	Hora solar Pico.....	32
5.7.6	Radiación solar sobre una superficie inclinada.....	32
5.7.7	Potencia pico del sistema.....	33
5.7.8	Cálculo de paneles solares	33
5.7.9	Cálculo del banco de baterías	34
5.7.10	Elección de inversor.....	35
5.7.11	Elección del controlador de carga.....	35
5.8	Viabilidad y sitios de instalación de electrolinerías	36
5.9	Estudio de sombras.	36
5.10	Planos y diagramas eléctricas.	37
6	Resultados.....	38
6.1	Lugar de implementación de la electrolinería piloto.....	38
6.1.1	Disposición de ciclovías más concurrentes.....	38
6.1.2	Estudio de Sombras.....	40
6.1.3	Distancia hacia los barrios más alejados de la Ciudad de Loja.	40
6.1.4	Lugar adecuado de implementación	41
6.2	Sistema fotovoltaico.....	43
6.2.1	Demanda energética de una bicicleta eléctrica	43
6.2.2	Número de paneles necesario.....	48
6.2.3	Inversor	51
6.2.4	Regulador de carga	52
6.2.5	Calibre de conductor para corriente continua	54

6.3	Planos y dibujos 3D	55
6.4	Viabilidad y sitios para implementar las electrolineras	56
6.4.1	Parque Jipiro	57
6.4.2	Parque Simón Bolívar	58
6.4.3	Parque Lineal la Tebaida	58
6.4.4	Redondel de la Universidad Nacional de Loja	59
6.4.5	Estadio Reina del Cisne	60
6.5	Costos de inversión	60
7	Discusión	63
8	Conclusiones	65
9	Recomendaciones	66
10	Bibliografía	67
11	Anexos	70

Índice de tablas:

Tabla 1. Valores de k según Latitud, ángulo de inclinación y meses del año.....	33
Tabla 2. Distancias entre puntos de implementación y ciclovías, así como también rutas de ciclistas.....	39
Tabla 3. Porcentajes de pérdidas por sombras calculados con la herramienta HelioScope	40
Tabla 4. Distancias entre puntos de implementación y barrios más lejanos de la ciudad de Loja.	41
Tabla 5. Lugar de implementación adecuado según factores	41
Tabla 6. Resultados de los factores a considerar para ponderación	42
Tabla 7. Clasificación de bicicletas eléctricas según normas internacionales	44
Tabla 8. Características técnicas de las bicicletas eléctricas vendidas en Ecuador	45
Tabla 9. Cotización de la lista de equipos, materiales, mano de obra y mantenimiento preventivo anual.....	61

Índice de figuras:

Figura 1. Vehículo eléctrico y sus principales partes.	6
Figura 2. Bicicleta eléctrica y sus partes.....	7
Figura 3. Scooter y sus principales partes.....	10
Figura 4. Estación de carga para bicicletas.....	11
Figura 5. Electrolineras para automóviles	12
Figura 6. Posición del sol en los solsticios y equinoccios.	13
Figura 7. Tipos de radiación solar.	14
Figura 8. Recorrido del sol en el hemisferio norte.	15
Figura 9. Diagrama de horas pico diarias.	16
Figura 10. Tipos de sistemas fotovoltaicos.....	17
Figura 11. Sistema fotovoltaico de conexión a la red.....	17
Figura 12. Sistema fotovoltaico autónomo.	18
Figura 13. Comportamiento de los fotones en el efecto fotovoltaico.	19
Figura 14. Tipos de paneles fotovoltaico.....	20
Figura 15. Tipos de baterías solares.....	22
Figura 16. Tipos de reguladores de carga.	23
Figura 17. Inversor de corriente para sistemas fotovoltaicos.	26
Figura 18. Diagrama de flujo.....	29
Figura 19. Diagrama de pasos para estudio de sombras en Helioscope.	37
Figura 20. Ubicación de puntos para implementación de las electrolineras.....	38
Figura 21. Parque recreacional Jipiro, lugar de implementación de la electrolinera.....	42
Figura 22. Curva de irradiación solar de la ciudad de Loja.	43
Figura 23. Panel policristalino JAP 265-3BB.....	49
Figura 24. Batería de Litio LFP Smart 25.6/200 de 24 V.....	50
Figura 25. Must PV3000 LMPK Series, de 24V/120.	52
Figura 26. Esquema de conexión del sistema fotovoltaico.....	52
Figura 27. Regulador de carga Studer VT-65c.	54
Figura 28. Diseño 3D de Electrolinera alimentada por un sistema fotovoltaico.	56
Figura 29. Definición de sentido y ejes de ciclovía.	57
Figura 30. Parque recreacional Jipiro.	57
Figura 31. Parque Simón Bolívar.	58
Figura 32. Parque Lineal La Tebaida.....	59

Figura 33. Redondel de la Universidad Nacional De Loja.	59
Figura 34. Estadio Reina del Cisne.....	60

Índice de anexos:

Anexo 1. Ficha técnica de paneles solares policristalinos JAP 60/245-265/3BB	70
Anexo 2. Ficha técnica de Batería de Litio LFP Smart 200Ah	72
Anexo 3. Ficha técnica de inversores PV3000 LMPK Series (1 kW-6 kW).....	74
Anexo 4. Ficha técnica de controladores de carga Studer TS_65 y VT_80	76
Anexo 5. Captura de la simulación en la herramienta HeliosCope de las pérdidas por sombras de objetos cercanos al grupo fotovoltaico en los sitios propuestos.	77
Anexo 6. Mapa de las ciclovías de Loja.	80
Anexo 7. Certificación de traducción del resumen.....	82
Anexo 8. Planos y despiece del prototipo.....	83

1 Título

Factibilidad del sistema fotovoltaico para suministrar energía a una estación de carga de bicicletas eléctricas en la ciudad de Loja.

2 Resumen

El presente Trabajo de Titulación se ha enfocado en el diseño de una electrolinera abastecida por energía solar para suministrar energía a bicicletas eléctricas en lugares estratégicos de la ciudad de Loja.

El desarrollo del proyecto inicia con el levantamiento de información referente a las características técnicas de modelos de bicicletas eléctricas y scooters más demandados en la ciudad de Loja, con esta información se determinó la demanda diaria de energía. Luego se investigó los datos de radiación solar para la ciudad de Loja, la información se obtuvo del proyecto Potencial Solar de la Región Sur del País desarrollado por la Universidad Nacional de Loja, teniendo un valor medio de 3.64 kWh/m²/día. Con la información recopilada se dimensionó el sistema de carga y el sistema de generación fotovoltaica, el cual posee una potencia de 2120 W, requiere de 8 paneles solares de 265 W/24V, 4 baterías de 200 Ah/24V, 1 inversor de 3 kW 24/120V y un controlador de carga de 65 A MPPT.

El diseño del prototipo propuesto consta de 3 unidades de carga, las tomas de corriente son a 120 Voltios para conectar el cargador portable de las unidades móviles. Se elaboró planos y despiece del prototipo en 2D y 3D. La electrolinera consta de una cubierta de dimensiones 3.4 m de largo y 3.5 m de ancho, además una estructura de una altura 3.20 m.

Los lugares propuestos para la implementación de las unidades de carga están basados en la disposición de las ciclovías en la ciudad de Loja y la disponibilidad de espacio, se considera cinco lugares adecuados: Parque Jipiro, Parque Bolívar, Parque Lineal La Tebaida, Redondel de la Universidad Nacional de Loja y en el Estadio Reina del Cisne.

Palabras clave: *Electrolinera, Bicicleta eléctrica, fotovoltaico, renovable, radiación solar.*

Abstract

The present research project has focused on the design of a solar-powered electric station to supply energy to electric bicycles in strategic locations in the city of Loja.

The development of the project began with the collection of data regarding the technical characteristics of models of electric bicycles and scooters most used in the city of Loja, with this information the daily energy demand was determined. Then, the solar radiation data of Loja was investigated. The data was obtained from the Solar Potential of the Southern Region of the Country project developed by the National University of Loja, with an average value of 3.64 kWh/m²/ day. The information gathered was used to size the charging system, and the photovoltaic generation system, which has a power of 2120 W, requires 8 solar panels of 265 W/24 V, 4 batteries of 200 Ah/24 V, 1 inverter of 3 kW 24/120 V and a charge controller of 65 A MPPT.

The design of the proposed prototype consists of 3 charging units, the outlets are at 120 Volts to connect the portable charger of the mobile units. Plans and exploded views of the prototype were prepared in 2D and 3D. The electric station consists of a 3.4m long and 3.5 m wide cover, and the structure it is 3.20 m high.

The proposed locations for the implementation of the cargo units are based on the layout of the bicycle lanes in the city of Loja and the availability of space. Five suitable locations are considered: Jipiro Park, Bolívar Park, Line Park La Tebaida, Universidad Nacional de Loja, and Reina del Cisne Stadium.

Keywords: *Electric power station, Electric bicycle, photovoltaic, renewable solar radiation, single radiation.*

3 Introducción

En la actualidad el consumo de combustibles procedentes de hidrocarburos en especial los combustibles requeridos para los vehículos de combustión inciden drásticamente en el cambio climático (Ballesteros & Aristizabal, 2007), por lo que es necesario aplicar acciones para prevenir, reducir y en lo posible eliminar la generación de gases nocivos para el ambiente y destructivos con la capa de ozono.

La utilización de maquinaria y vehículos de transporte es un accionar imprescindible para el desarrollo humano en todos los ámbitos, estas máquinas requieren de combustibles para su funcionamiento por ende son generadores de contaminantes, una alternativa para contribuir y dar una solución al problema climático, es el uso de energías limpias, para lo cual el avance tecnológico ha permitido desarrollar, máquinas y vehículos que se abastecen con energía eléctrica. Por otra parte, también se han desarrollado equipos para generar energías limpias como turbinas eólicas, paneles solares, entre otros.

Los vehículos eléctricos son una alternativa eficaz para reducir la contaminación siempre y cuando esta energía con la que se recargue estos vehículos provenga de fuentes renovables. El uso de vehículos eléctricos requiere de la implementación de estaciones de carga para vehículos eléctricos denominadas electrolinerías, con estos sistemas lo que se pretende es poner al alcance sistemas de carga para vehículos en lugares apropiados ya sea dentro o fuera de las ciudades.

La idea principal de este trabajo es analizar la factibilidad y proponer el diseño de una electrolinería para abastecer bicicletas eléctricas en la ciudad de Loja, disponiéndolas en lugares estratégicos considerando que el casco urbano de la ciudad cuenta con ciclovías para poder utilizar este tipo de vehículos. La propuesta de crear una electrolinería para cargar bicicletas eléctricas surge ya que existen muchas condiciones favorables empezando por contar con una topografía casi regular para poder usar vehículos de baja potencia, por lo que requieren cantidades menores de energía, también favorece la buena disponibilidad de radiación solar en nuestra ciudad lo cual incide en pocos paneles solares, estos y otros factores más permiten que el proyecto sea factible, sin descartar el auge que está experimentando la utilización de bicicletas eléctricas y scooters en nuestra ciudad. El desarrollo de este proyecto se resume de la siguiente manera:

El documento principal del presente trabajo se divide en 11 apartados, siendo los principales el apartado 4 en el que se describe lo concerniente a la bibliografía pertinente a

energías renovables, bicicletas eléctricas y electrolinerías. El apartado 5 contiene los recursos, materiales y procedimientos a seguir en el desarrollo del presente trabajo, como también los modelos matemáticos empleados en los cálculos. El apartado 6 describe los resultados obtenidos, como datos investigados, valores dimensionados y componentes requeridos para el diseño propuesto, así también se muestran los planos 2D y 3D elaborados. En el apartado 7 se detalla la discusión referente a la temática abordada. En el apartado 8 se describen las conclusiones a las que se llegó luego de realizar el proyecto. Finalmente, en los apartados 9, 10 y 11 se muestran las recomendaciones, bibliografía y anexos respectivamente.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la viabilidad técnica de un sistema para carga de bicicletas eléctricas basada en energía fotovoltaica.

Objetivos Específicos

- Determinar la demanda en el sistema de carga de bicicletas.
- Dimensionar el sistema fotovoltaico.
- Proponer ubicaciones factibles para la colocación del sistema de carga para bicicletas eléctricas.

4 Marco teórico

4.1 Vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos son aquellos que obtienen su fuente de energía por medio de un motor eléctrico la cual se conecta a una fuente de alimentación externa para poder recargar sus baterías, en los vehículos eléctricos se encuentra: vehículos híbrido, vehículo híbrido enchufable y vehículo eléctrico puro. La **Figura 1** muestra un vehículo totalmente híbrido.

El vehículo eléctrico hoy en día hace uso de tecnología, que satisface las necesidades de movilidad de la población con cero emisiones en la propulsión del mismo (Kreuzer & Wilmsmeier, 2014). Este tipo de vehículo en su principal objetivo de uso, se enfoca a brindar servicio a empresas de transporte masivo como por ejemplo cooperativas de taxis y el servicio colectivo mediante el autobús eléctrico. Actualmente existen barreras a superar como la baja acumulación de energía en las baterías, su peso elevado y necesidad de mayor autonomía, además el desarrollo de redes de recarga publica, factores que, al ser dominados, promuevan el uso de este vehículo y haga tomar conciencia a la población de las muchas ventajas que ofrece un VE.(Barros & Ortega, 2018)

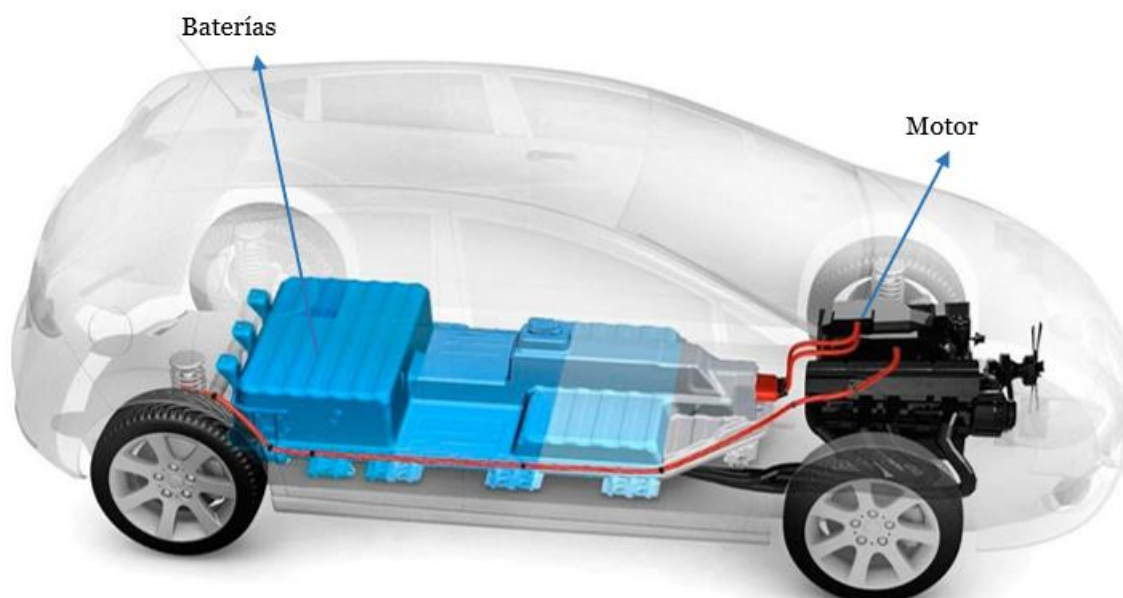


Figura 1. Vehículo eléctrico y sus principales partes.
Fuente. (Lovesharing, 2022)

4.2 Bicicletas eléctricas

Las bicicletas eléctricas son un transporte que contribuye a la movilidad sostenible dentro de las grandes urbes. Hay ciudadanos que poseen una bicicleta y la utilizan con frecuencia, y otros que prefieren alquilarlas. La diferencia principal respecto a los modelos convencionales es que disponen de pedaleo asistido, de manera que se reduce de una manera considerable el esfuerzo.



Figura 2. Bicicleta eléctrica y sus partes.
Fuente. (B.E. site, 2022)

La bicicleta eléctrica es un vehículo que lleva incorporado una batería para almacenar la energía, la cual suele estar hecha de plomo, de níquel e hidruro metálico, o de ion-litio. En promedio, permite una autonomía de alrededor de 30 kilómetros hasta tener que volver a recargarse de nuevo. Además de este elemento, incluyen otros que las diferencian de sus hermanas convencionales, como, por ejemplo, el motor eléctrico, que suele estar integrado en una de las ruedas, normalmente en la trasera.

La zona media es el lugar más habitual donde se coloca el acumulador, mientras que, en los pedales, se incluye un sensor que sirve para detectar si el conductor va pedaleando. Finalmente, en el manillar se inserta el controlador del sistema, que sirve para visualizar la carga de la batería y regular la intensidad de la asistencia eléctrica. El acelerador suele ser de giro (como el que disponen las motocicletas) o, simplemente, un botón.(BBVA, 2022)

4.2.1 Bicicletas eléctricas según su asistencia

Las bicicletas eléctricas tienen dos tipos de clasificación, según la potencia que el motor puede entregar, y el sistema de control es decir cómo y cuándo le aplica la potencia al motor. (BBVA, 2022)

La segunda clasificación se refiere a las normativas que rigen en cada país, donde las clasifican en: bicicletas, ciclomotores o motocicletas.

Los tipos de bicicletas eléctricas que hay en el mercado son:

- Bicicleta asistida con pedaleo
- Bicicleta asistencia libre

4.2.1.1 Bicicleta asistida con pedaleo

El encendido se lo realiza mediante el mando de control, y se activan todos los elementos, la fuerza ejercida en el pedal es captada por un sensor inductivo y activa el motor, el cual es alimentado por la batería. El proceso es inmediato, el motor se activa cuando se aplica una fuerza en el pedal.

De acuerdo a la ordenanza municipal de Loja, la bicicleta equipada con motor eléctrico auxiliar de potencia nominal continua que no exceda de 350 W, y no supere los 25 m/h, se considera como bicicleta asistida con pedaleo.

4.2.1.2 Bicicleta asistencia libre

En este tipo de bicicletas el motor se activa de forma manual, utilizando un acelerador, siendo el ciclista quien decide cuando poner a trabajar al sistema sin tener que pedalear.

4.2.2 Ventajas de utilizar una bicicleta eléctrica

Las bicicletas eléctricas son cada vez más utilizadas por las personas, ya que han aportado una serie de beneficios y avances a miles de personas, como emplearlas para ir al trabajo, facilitar la subida en cuestas o iniciarse en el deporte, las principales ventajas son:

- **No contamina: una forma limpia de ir al trabajo**

Para todos aquellos que no tienen que recorrer grandes distancias para comenzar la jornada laboral, es una opción recomendada y limpia, ya que no emite ningún tipo de gas perjudicial para el medio ambiente.

- **Las cuestas no costarán tanto**

Permite subir cuestas y rampas con más facilidad que el resto de bicicletas,

- **Hacer ejercicio físico**

La bicicleta eléctrica permite hacer uno de los ejercicios físicos más completos.

- **Buena idea para empezar a hacer deporte**

Recomendable para todos aquellos que empiezan hacer deporte después de un largo periodo de tiempo de descanso.

- **Bajo consumo**

El bajo precio que implica tener una batería eléctrica, se habla de un costo de carga.

4.2.3 Desventajas de la bicicleta eléctrica

La bicicleta eléctrica cuenta con grandes ventajas para su uso, pero no podemos negar las desventajas que presenta este vehículo, las cuales son:

- **Alto precio de adquisición**

El precio de las bicicletas en el mercado son demasiados elevados, para la adquisición de este tipo de vehículo.

- **Autonomía limitada**

La batería nos da la autonomía y puede mejorarse con la futura evolución de los modelos de bicicletas eléctricas.

- **Escasa cantidad de puntos de carga**

A la autonomía limitada hay que sumarle los pocos puntos de carga que se cuenta en las calles, además no se cuenta con un cargador público cerca del recorrido.

- **Cuidados específicos**

La carga de batería, no es extraño que los ciclistas que acaban de adquirir este vehículo eléctrico olvidan de cargar las primeras veces que esta se agota.

- **La batería es altamente contaminante**

La batería que es pieza clave de las bicicletas eléctricas, es altamente contaminante y perjudicial para el medio ambiente.

4.3 Scooter

En la **Figura 3** se muestra un scooter, este medio móvil es un patín propulsado por un motor eléctrico; normalmente este tipo de patines se conducen de pie. A diferencia de una motocicleta o un automóvil, es más sencillo de transportar, ya que cuenta con una portabilidad que te da la oportunidad de llevarlo a donde quieras y cuando quieras.(Renault, 2022).



Figura 3. Scooter y sus principales partes.
Fuente. (Nineboot TIA, 2021)

4.3.1 Ventajas de utilizar un scooter o patín

- **Eco amigable**

Los scooters eléctricos, al contar con una batería que funciona a base de electricidad y ser una fuente de energía limpia, le dicen adiós al daño del medio ambiente, ya que no emite gases tóxicos ni humo. (Renault, 2022)

- **Portabilidad**

Otro punto positivo de los scooters es que, gracias a su tamaño y peso, puedes llevarlos contigo aún después de haber llegado a tu destino, lo cual se traduce en no tener que pagar por algún estacionamiento. (Renault, 2022)

- **Buena inversión**

Con un scooter tendrás un patín ágil por la ciudad, sin necesidad de preocuparte por pagar combustible. Tan solo un kilómetro recorrido con energía eléctrica, es entre 40% y 60% más barato que uno recorrido con gasolina. (Renault, 2022)

4.4 Estación de carga

Se denomina así al conjunto de equipos que se emplean para suministrar energía eléctrica sea corriente continua o corriente alterna a un vehículo eléctrico (VE)(Barros & Ortega, 2018)

4.5 Electrolinera

El sistema de alimentación o estación de carga para bicicletas con salida AC consta de los siguientes equipos: conductores de fase, neutro y tierra; mecanismos para protección, acoplamientos de bicicletas, clavijas de sujeción, enchufes de salida de potencia, instalados específicamente con el fin de aportar energía desde la toma de energía hacia el cargador de la bicicleta y permitir la comunicación entre estos de ser necesario. (Barros & Ortega, 2018)



Figura 4. Estación de carga para bicicletas
Fuente. (Galaxy Bike, 2023)

Según (enel, 2022) describe a una estación de carga o electrolinera dispensa energía para recargar las baterías de manera similar cómo funcionan las gasolineras. Debido a la forma en que funcionan las estaciones de carga, su infraestructura no ocupa demasiado espacio por lo que es usual que se ubiquen en lugares de buena afluencia como: malls, oficinas, parques, municipalidades, y otros espacios públicos. Por su naturaleza pueden ser de carga rápida (de 25 a 90 minutos para cargar toda la batería) o lentas (de 3 a 4 horas para la carga al 100%). Sin embargo, lo usual es que los usuarios solo carguen la batería hasta una cierta capacidad y prefieran cargar el resto en sus hogares. Véase la **Figura 5**.



Figura 5. Electrolineras para automóviles
Fuente. (Álvarez, 2018)

4.6 Introducción general a la energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es la conversión directa de la radiación del sol en electricidad, esta energía tiene muchas aplicaciones donde se requiera la generación de corriente, y donde no se disponga de una red de distribución eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos están formados por:

- Un generador fotovoltaico
- Baterías de acumulación
- Regulador de carga
- Inversor
- El consumo

Los generadores fotovoltaicos se pueden conectar en serie o paralelo, cada uno de ellos está formado por unidades básicas llamadas células fotovoltaicas. (Martínez & Torres, 2011)

4.6.1 Fuentes de energía

Las fuentes de energía renovable son aquellas que pueden explotarse ilimitadamente, es decir la cantidad disponible en la tierra. En los SF (sistemas fotovoltaicos) la principal fuente de energía es el sol, el cual envía únicamente energía radiante, es decir, luz visible. (Martínez & Torres, 2011)

4.6.2 Energía renovable

Son aquellas que se pueden explotar ilimitadamente y no disminuyen a medida que se aprovechan. Entre ellas se tiene:

- Energía Eólica.
- Energía Solar.

- Energía de la Biomasa.
- Diferencia de temperatura Oceánica (OTEC)
- Energía de las Olas.
- Energía Hidráulica.
- Energía de las Mareas.

4.6.3 Energía solar

La energía solar es un recurso energético terrestre, es la porción de luz que emite el sol y es interceptada por la tierra. Véase la **Figura 6**.

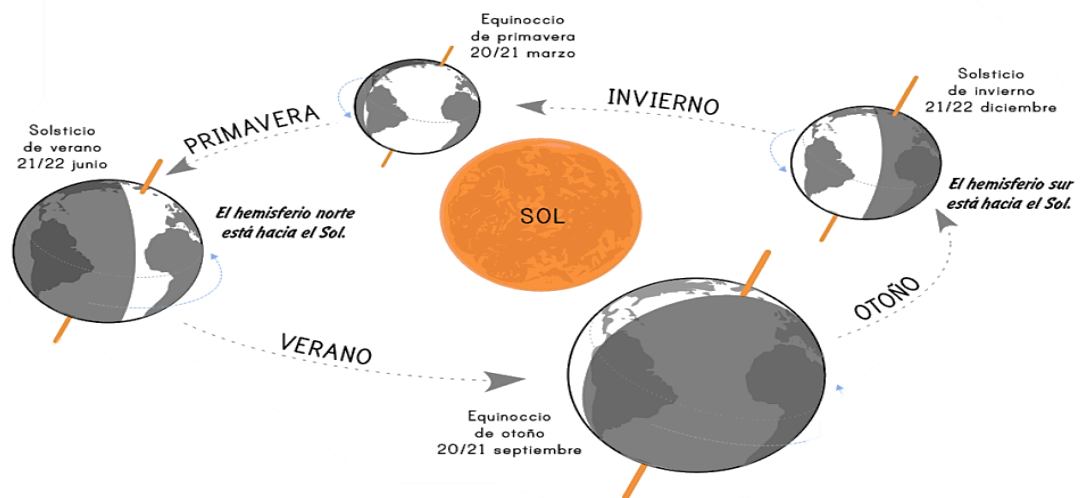


Figura 6. Posición del sol en los solsticios y equinoccios.
Fuente. (CREAR, 2020)

4.6.3.1 Radiación solar

La radiación emitida por el Sol atraviesa el espacio vacío en todas las direcciones, y no sufre pérdidas apreciables con interacción con medios materiales. La radiación solar sufre un proceso de reflexión, atenuación y difusión que modifica las características.

4.6.3.2 Tipos de radiación solar

Radiación directa: Es la radiación que llega directamente del Sol hacia la Terra sin haber chocado con nada en el trayecto es decir sin haberse desviado ni cambiado de dirección. Esta radiación es la que produce las sombras y es el tipo de radiación que predomina en un día soleado como se puede observar en la **Figura 7**.

Radiación difusa: Es aquella radiación que llega a la superficie terrestre después de haber incidido con cualquier elemento de la atmósfera como: polvo, nubes, etc., obligando a cambiar de dirección, esta radiación es predominante en un día nublado.

Radiación reflejada o albedo: Es la radiación reflejada por la superficie terrestre; cobra importancia en las zonas con nieve, con agua o cualquier otra zona donde la reflexión sea importante.

La radiación global: Es la suma de la radiación directa y la radiación difusa. (Schallenberg, 2008)

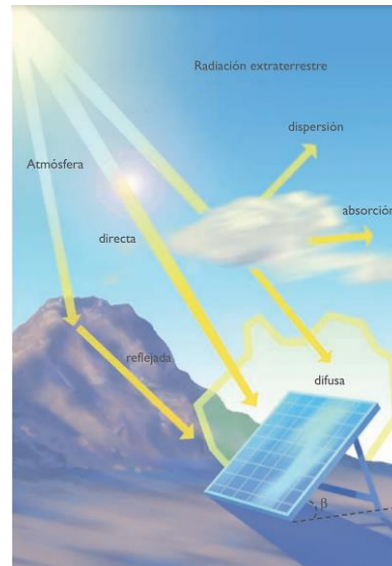


Figura 7. Tipos de radiación solar.
Fuente. (Schallenberg, 2008)

La radiación solar que llega a la superficie de la tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de área alcanza a la tierra (Galarza, 2017)

$$\text{Irr} = \frac{P}{A} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Irr = Irradiancia [W/m^2]

P = Potencia [kW]

A = Área de incidencia [m^2]

La energía incidente en una superficie por unidad de tiempo se define como la irradiación.

$$I = \frac{P * T}{A} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

I = Irradiación [Wh/m²]

P = Potencia [W]

A = Área de incidencia [m²]

T = Tiempo [h]

4.6.3.3 Componentes de radiación solar.

Para calcular la energía producida por un SF, es necesario contar con la información sobre la radiación incidente el plano de su generador. La radiación difusa de un día determinado, es recomendable la correlación propuesta por Collares Pereira y Rabl que es la siguiente.

$$F_{Dd} = \begin{cases} 0.99 & K_{Td} \leq 0.17 \\ 1.188 - 2.272K_{Td} + 9.473K_{Td}^2 - 21.856K_{Td}^3 + 14.648K_{Td}^4 & K_{Td} > 0.17 \end{cases} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

K_{Td} = Índice de claridad diario

Los datos disponibles en una base de datos son medias realizadas por estimaciones terrestres o estimadas a partir de imágenes satelitales. (Lamigueiro, 2011)

4.6.3.4 Constante solar

Se denomina así a la energía que proviene del sol, por cada unidad de tiempo, que incide perpendicularmente en la cima de la atmosfera, de acuerdo con las medidas efectuadas desde satélites, el valor medio de la constante solar es de 1367 W/m² (Santoña, 2001), véase la **Figura 8**, se muestra el recorrido del sol.



Figura 8. Recorrido del sol en el hemisferio norte.
Fuente. (Schallenberg, 2008)

En la **Figura 8** se observa la posición del sol al amanecer, mediodía y atardecer, si un observador se ubica en cualquier lugar del hemisferio norte, observará como el sol sale por el este, y se opone en el oeste.

4.6.3.5 Horas pico solar

Se define como las horas de irradiación solar o horas de luz, cuyos valores pueden variar de 3 a 7 horas al día, dependen del mes y lugar de instalación, ver **Figura 9**, se tiene las horas pico solar diarias.

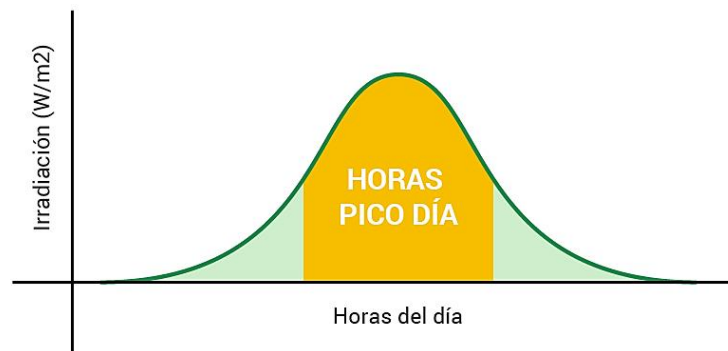


Figura 9. Diagrama de horas pico diarias.
Fuente. (Autosolar, 2022b)

En el eje “Y” se ubica la irradiación que es la potencia recibida del sol por unidad de superficie durante un cierto tiempo, mientras que en el eje “x” se ubica las horas del día. La curva de irradiación solar versus tiempo en un día despejado tiene la forma de campana tal como se muestra en la **Figura 9**. Mientras en un día nublado la radiación varía abruptamente.

4.6.4 Energía fotovoltaica

Es el conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El componente principal del sistema es el módulo fotovoltaico, compuesto por células capaces de transformar la energía luminosa en energía eléctrica de corriente continua. (Lamigueiro, 2011)

4.6.5 Sistemas fotovoltaicos

Son mecanismos integrados de algunos componentes, que cumplen distintas funciones para obtener energía eléctrica a partir de la radiación del sol. Los sistemas pueden estar compuestos de uno o varios módulos fotovoltaicos, se los puede conectar en serie o paralelo entre sí para obtener arreglos, los cuales nos pueden producir más corriente o más potencia.

Los sistemas fotovoltaicos se los clasifica de tres maneras:

- Sistema fotovoltaico de conexión a la red.
- Sistema fotovoltaico autónomos de electrificación.

- Sistema fotovoltaico de bombeo.

De acuerdo a las distintas aplicaciones que tiene los sistemas fotovoltaicos y amigables con el ambiente, para obtener energía eléctrica, especialmente en lugares que proporcionan buena radiación solar, el mantenimiento de estos sistemas es de bajo costo. En la **Figura 10** se muestra cómo se distribuyen cada uno de ellos:

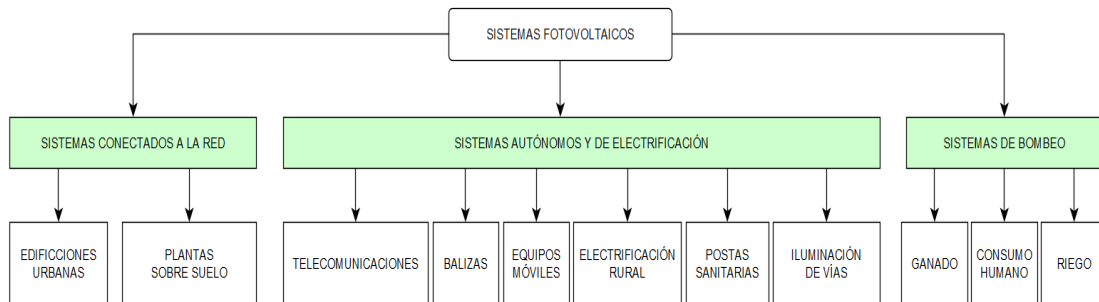


Figura 10. Tipos de sistemas fotovoltaicos.

Fuente. (Autor)

4.6.5.1 Sistema fotovoltaico de conexión a la red (SFCR)

Es un sistema cuya función es producir energía eléctrica en condiciones adecuadas para poder ser inyectada en la red convencional. Un SFCR está compuesto de un generador, un inversor DC/AC y un conjunto de protecciones eléctricas. En la **Figura 11** se muestra cómo va compuesto en SFCR. (Lamigueiro, 2011).

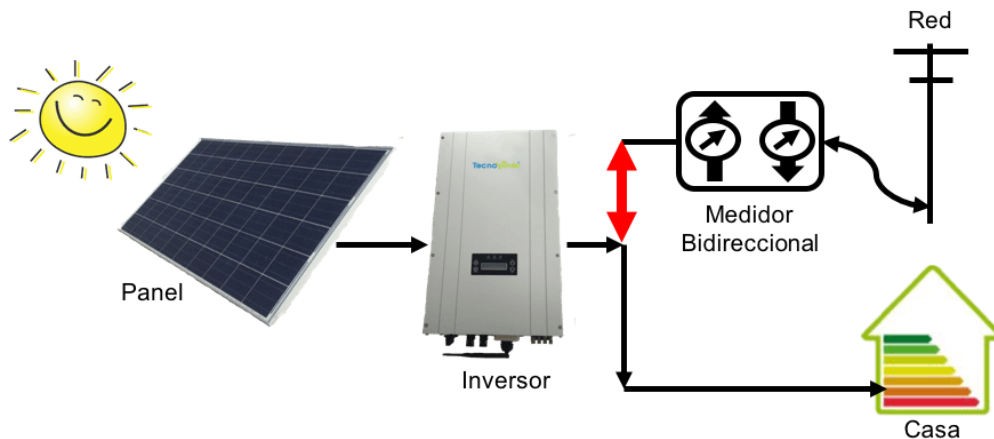


Figura 11. Sistema fotovoltaico de conexión a la red.

Fuente. (Tecnoverde.cl, 2023)

4.6.5.2 Sistema fotovoltaico autónomo de electrificación

Un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) produce energía eléctrica para satisfacer el consumo de cargas eléctricas no conectadas a la red. Los componentes que se utilizan para un SFA son los siguientes:

- Paneles solares
- Acumulador electroquímico.
- Regulador de carga.
- Inversor
- Luminarias.

Son los componentes principales que se utilizan en los SFA, en la **Figura 12** se muestra cómo es la conexión de los mismos.

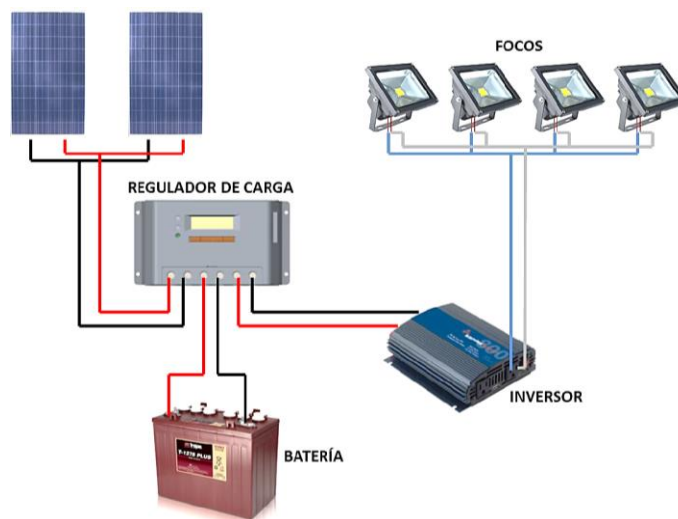


Figura 12. Sistema fotovoltaico autónomo.
Fuente. (Cruz et al., 2018)

4.7 Paneles solares

4.7.1 Panel fotovoltaico

Los paneles están conformados por células fotovoltaicas, a la vez esta célula se forma de un material dividido en dos regiones una que es de carga positiva (+) la cual contiene a los huecos y otra de carga negativa (-) con exceso de electrones, la unión de ambos materiales (+, -), al ser opuestos a la radiación solar, producen una circulación de electrones y establece una corriente continua.

4.7.2 Efecto fotovoltaico

Es una celda electrolítica compuesta de 2 electrodos metálicos sumergidos en una solución conductora, la generación de energía aumenta al exponer la solución a la luz, y produce una fuerza electromotriz (voltaje).

Los fotones tienen una energía determinada por la frecuencia de la onda de luz. Si un electrón absorbe energía de un fotón que tiene una mayor energía, entonces el electrón puede ser extraído del material. Véase la **Figura 13**.

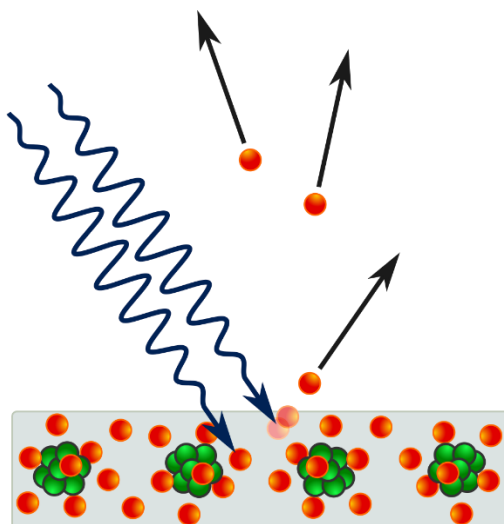


Figura 13. Comportamiento de los fotones en el efecto fotovoltaico.
Fuente. (Diplakiz, 2020)

4.7.3 Tipos de paneles fotovoltaicos

Actualmente en el mercado solar, encontramos paneles de diferentes tecnologías, los paneles solares se clasifican en tres tipos:

- Monocristalino.
- Policristalino.
- Amorfo.

4.7.3.1 *Panel monocristalino*

Los paneles monocristalinos poseen un rendimiento del 24% en laboratorio, y un rendimiento directo entre 15-18%, las principales características, son típicos azulados homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí, y su fabricación se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro (Paul & Martin, 2018).

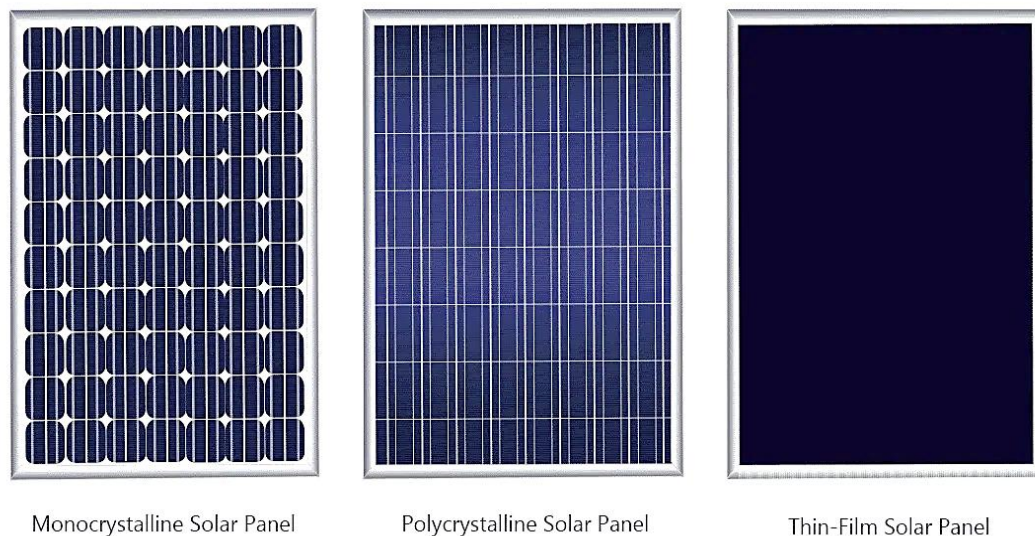
4.7.3.2 *Panel policristalino*

Los paneles policristalinos poseen un rendimiento 19-20% en laboratorio y un rendimiento directo de 12-14%, se caracteriza por una superficie estructurada en cristales y contiene distintos tonos azulados, su fabricación es igual que los monocristalino, pero se disminuye el número de facetas de cristalización. (Paul & Martin, 2018).

4.7.3.3 *Panel amorfo*

Los paneles amorfos tienen un rendimiento de laboratorio del 16%, y un rendimiento directo < 10%, se caracterizan por tener un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células, y su fabricación se deposita en forma de láminas delgadas y sobre un

sustrato como vidrio o plástico. (Paul & Martin, 2018). La **Figura 14** muestra los tres tipos de paneles descritos respectivamente.



Solar Magazine

Figura 14. Tipos de paneles fotovoltaico.
Fuente. (solarmagazine, 2020)

4.8 Regulador o controlador de carga

El objetivo del regulador es alargar la vida útil de las baterías, evitando que estas sufran cargas y descargas profundas que estén fuera de los límites permisibles. El regular debe medir de alguna manera el estado de carga de la batería y compararla con los niveles permisibles tanto inferiores como superiores. Es una parte fundamental en un sistema autónomo, es el que permite el tránsito de corriente, de los paneles hacia las baterías y de estas hacia la carga.

Los reguladores deben cumplir las siguientes especificaciones mínimas para su instalación. (Henríquez, 2003).

a) Características Eléctricas

- Tensión nominal.
- Intensidad máxima de generación.
- Intensidad máxima de consumo.
- Sobrecarga admisible.
- Autoconsumo.
- Perdida máxima generación / consumo.

b) Características Constructivas

- Tipos de regulación.

- Selección de batería.
- Sistema de regulación.
- Señalización del estado de carga.
- Desconexión del consumo por baja tensión de batería con rearme automático.
- Alarma por baja tensión.
- Protección contra polaridad inversa.
- Protección contra sobrecarga
- Protección contra sobretensiones
- Protección contra desconexión.
- Rango de funcionamiento a plena carga.
- Rearme manual en caso de cortocircuito.

También tienen los reguladores implementados una tarjeta de adquisición de datos que permite almacenar datos de la tensión.

4.9 Baterías

La batería del sistema solar, es capaz de mantener corrientes moderadas durante un largo periodo de tiempo, también debe permanecer activa sin recibir carga alguna (noche). Existen algunos tipos de baterías solares, y las más usadas actualmente son las de GEL y de Litio. Las de GEL ofrece el doble de vida útil que las baterías normales selladas. La batería es la parte más delicada del sistema solar y es la primera en ser remplazada, se presenta algunas recomendaciones para extender la vida útil de la batería.

- Usar un controlador de carga.
- Relación entre el número de paneles, tamaño de las baterías, y el número de equipos instalados.
- Revisar el controlador de carga para verificar el estado de la batería.
- Cada cierto tiempo dar mantenimiento a las baterías.
- Cargar la batería cada cierto tiempo utilizando un cargador / generador.
- No ignorar las indicaciones del controlador. (Henríquez, 2003).

4.9.1 Tipos de baterías

Según AutoSolar, (2020), Las baterías se diferencian en función a la tecnología que se fabrican, La **Figura 15** muestra los principales tipos descritos a continuación.

- **Batería de plomo ácido abierto**

Se componen de varias placas de plomo en una solución de ácido sulfúrico y agua, la solución se denomina electrolito.

- **Baterías AGM**

Son muy usadas en instalaciones solares, es una batería recargable, sellada de plomo ácido, no requiere ventilación ni mantenimiento, son una opción para el sector fotovoltaico, industrial y uso doméstico.

- **Batería de GEL**

Son recomendables para lugares de baja ventilación, ciclos de descarga profundos con hasta 800 ciclos de vida, por otra parte, al ser una batería completamente sellada no se requiere mantenimiento.

- **Baterías estacionarias**

Se mantienen cargadas constantemente, Tienen un regulador que alimenta el consumo y recarga la batería cuando hay una descarga, lo que ayuda a la batería que se descargue con muy poca frecuencia.

- **Batería de litio**

Se cargan rápidamente, tienen una vida útil larga, también podrían descargarse al 100% sin causar daño alguno, Poseen una mayor autonomía, son más livianas no requieren mantenimiento, y se las puede instalar en un lugar sin ventilación.



Figura 15. Tipos de baterías solares.
Fuente. (Autosolar, 2022)

4.10 Controlador de carga

Este equipo se instala entre los paneles y la batería, tiene la función de controlar la tensión e intensidad con la que se cargan las baterías. para controlar la carga y la descarga de una batería o acumulador dentro de una instalación solar, véase la **Figura 16**.

4.10.1 Tipos de reguladores

Reguladores PWM. (Pulse-Width Modulation), es decir, modulación por ancho de pulsos. Estos reguladores son empleados comúnmente en los sistemas fotovoltaicos aislados con voltajes de 12V y 24V, su vida útil es bastante larga, están fabricados con componentes sencillos, haciéndolos equipos ideales para sistemas medianos y pequeños. (Selectra, 2022)

Reguladores MPPT. (Maximum Power Point Tracking), se traduce a un seguidor punto de máxima potencia, se caracterizan generalmente por emplear toda la potencia de las placas solares, esto lo hacen de forma independiente respecto a la diferencia de voltaje que ocurran entre el panel y la batería, por ello obtiene su nombre de maximizador, ya que siempre permanece la tensión en su punto óptimo. (Selectra, 2022)



Figura 16. Tipos de reguladores de carga.
Fuente. (Fernandez, 2022)

4.11 Inversor de corriente para sistemas fotovoltaicos

Los inversores de corriente son equipos electrónicos capaces de transformar la corriente continua (DC) en un voltaje de 12, 24 o 48 V procedente de los paneles solares y de las baterías a corriente alterna (AC) a una tensión de 110V y/o 220V necesaria para alimentar los electrodomésticos de una vivienda, véase la **Figura 17** (Monsolar, 2022)

4.11.1 Tipos de inversores

Los inversores de aislada (con baterías) se emplean en instalaciones sin conexión a la red eléctrica. Necesitan obligatoriamente el uso de baterías y son capaces de generar una onda senoidal directamente extrayendo energía de la batería. Se utilizan para proporcionar luz en localizaciones sin conexión a la red eléctrica como casetas de campo, barcos, caravanas, sistemas de bombeo, etc. Dentro de este grupo podemos encontrar varios tipos de inversores de aislada:

- **Inversor de aislada**

Su finalidad es transformar la corriente continua (DC) de las baterías en corriente alterna (AC) a 220V para alimentar los electrodomésticos. Para proteger la batería están programados para detener el suministro cuando la tensión de la batería es muy baja y evitar las sobre descargas. Además, incorporan protecciones contra sobretensión, cortocircuito de salida, inversión de polaridad y excesiva temperatura. (Monsolar, 2022).

- **Inversor-cargador**

Los inversores cargadores incorporan además un cargador interno capaz de cargar la batería usando una fuente de alimentación de 220V externa, como los grupos electrógenos, la red eléctrica o motores de gasolina. La ventaja de los inversores-cargadores es que el sistema se independiza de las condiciones meteorológicas pudiendo funcionar incluso en los días de lluvia o nublados o cuando el consumo en la vivienda es muy superior al esperado y la batería está descargada. Al incorporar el cargador interno, cuando una fuente auxiliar de energía está presente, toda la energía suministrada a la vivienda proviene de la fuente auxiliar y al mismo tiempo se cargan las baterías, de este modo se aprovecha la energía de la fuente auxiliar al máximo. Permiten el arranque de grupos electrógenos de forma automática, alimentar consumos muy elevados puntualmente sumando a la energía de la fuente auxiliar energía procedente de la batería (smart boost function) y además permiten instalar menor número de paneles solares, ya que la energía extra necesaria en la vivienda será cubierta por un grupo electrógeno y no es necesario instalar un excedente de paneles solares que producirían un sobrante de energía durante todo el año, de esta forma se abaratan los costes de la instalación. (Monsolar, 2022)

- **Inversores 3 en 1**

Los inversores 3 en 1 incorporan inversor de baterías, regulador de carga y cargador de baterías. Estos equipos compactos son capaces de gestionar toda la energía de la instalación y por lo tanto se puede visualizar en el display digital toda la energía de carga procedente de los

paneles solares, el estado de la batería y la energía de salida. Por su facilidad de instalación, su reducido peso y su reducido coste, estos inversores 3 en 1 son cada vez más utilizados en las instalaciones solares. (Monsolar, 2022)

Los inversores de conexión a red se utilizan en instalaciones con conexión a la red eléctrica. Estos inversores están equipados con seguidores del punto de máxima potencia (MPPT) para maximizar la producción de los paneles solares. La corriente proveniente de los paneles solares es transformada a corriente alterna (AC) y mediante un algoritmo de bucle de enganche de fase (phase locked loop) sincronizan la corriente alterna de salida con la corriente alterna de la red eléctrica. De esta forma la energía puede ser consumida tanto en la vivienda como inyectada en la red eléctrica para su venta. Estos inversores no son capaces de generar una forma de onda sinusoidal de 220V, necesitan obligatoriamente seguir una onda presente bien sea de la red o de un inversor de baterías. Dentro de este grupo podemos distinguir los siguientes inversores de conexión a red:

- **Inversor de autoconsumo directo**

Los inversores de autoconsumo directo transforman la corriente continua de los paneles solares y es inyectada directamente en el interior de la vivienda. La tensión de inyección es ligeramente superior a la tensión de la red eléctrica, lo que hace que toda la energía procedente de los paneles solares se consuma con prioridad a la energía de la red. Por lo tanto, el consumo de la vivienda será abastecido con la energía solar mientras esta sea suficiente, y en caso de que el consumo sea mayor a la producción solar se suplirá la diferencia con energía de la red. En los casos donde la producción solar sea superior al consumo de la vivienda el excedente de producción será vertido a la red. En caso de no querer verter a la red se utilizan kits de inyección cero. (Monsolar, 2022)

- **Inversor de autoconsumo con baterías (híbridos)**

Los inversores de autoconsumo con baterías además de realizar las funciones de los inversores de autoconsumo normales, son capaces de almacenar el excedente de energía solar en las baterías para poder ser utilizada con posterioridad. Al estar interconectados con la red de distribución eléctrica y además ser capaces de gestionar la energía de los paneles solares y de las baterías estos inversores también son conocidos como gestores energéticos o inversores híbridos. (Monsolar, 2022)



Figura 17. Inversor de corriente para sistemas fotovoltaicos.
Fuente. (Monsolar, 2022)

4.12 Estacionamiento de bicicletas

Los bici-parqueos están ubicados en toda la ciudad de Loja y de manera especial y obligatoria en el casco central y en los lugares donde existan ciclovías. Entidades como Supermaxi, Gran Aki, Colegio la Dolorosa, Universidad Técnica Particular de Loja, Prefectura de Loja y Municipio han designado espacios para bici-parqueos.

Se debe obligatoriamente designar el 5% de su área para estaciones de carga y bici parqueos que brinden seguridad, fácil de usar y que tengan el diseño señalado por la UMTTT (Loja, 2021).

Los criterios que se tienen en cuenta previo a la implementación de infraestructura de estacionamiento para bicicletas en lugares donde existe cámaras de seguridad, se deben considerar los siguientes aspectos.

- Seguridad: Los estacionamientos deberán evitar el robo o maltrato de bicicletas, permita usar cualquier tipo de cadena, estar ubicado en un lugar donde ofrezca control y seguridad.
- Espacio público: Los estacionamientos deben estar ubicados en el área del SIMERT preferentemente en plazas, parques estaciones o parada de transporte público que permita asegurar y desasegurar la bicicleta de manera rápida y eficaz sin que infiera con la circulación peatonal.
- Facilidad de uso: Deben ser accesibles sin que se requiera asistencia para acomodar la bicicleta.
- Diseño: Deben estar diseñadas de acuerdo a las necesidades del usuario, económicamente viable y que brinde seguridad.

- Durabilidad y mantenimiento: Los materiales para la construcción deben estar sujetos a un plan de mantenimiento y ser de fácil limpieza.

De acuerdo a la ordenanza municipal 2021 se selecciona los lugares donde se implementará las electrolineras en sitios estratégicos de la ciudad, las cuales estarán repartidas en los siguientes puntos: Parque Bolívar, Parque Lineal La Tebaida, Redondel de la Universidad Nacional de Loja y en el Estadio Reina del Cisne.

4.13 HelioScope

Es una herramienta web que permite diseñar sistemas fotovoltaicos de forma especializada, con funciones como el análisis de sombras, el cálculo de rendimiento de energía, la simplificación del proceso de ingeniería y la integración de herramientas de diseño fáciles con modelos de rendimiento. Con HelioScope, se puede generar diseños y rendimiento solares de alta calidad para cualquier proyecto. No se necesita descargar ningún software, solo se requiere una conexión a Internet y una licencia que se puede adquirir mensual o anualmente. También se ofrece una prueba gratuita de 30 días. (Martínez, 2021)

Según Martínez (2021), el nombre de HelioScope proviene de un antiguo instrumento que se usaba para observar el sol y sus manchas, inventado por Benedetto Castelli y perfeccionado por Galileo. El método consistía en proyectar la luz solar sobre una hoja blanca usando un telescopio en una habitación oscura.

5 Metodología

5.1 Materiales

En el desarrollo del presente proyecto se empleará los siguientes recursos y materiales:

5.1.1 Recursos humanos

- Tutor de proyecto de tesis

5.1.2 Recursos bibliográficos

- Libros de: energías renovables, energía fotovoltaica, electrolinerías
- Libro de transporte en vehículos eléctricos
- Catálogos de componentes para sistemas fotovoltaicos
- Catálogos de sistemas de carga para vehículos eléctricos
- Páginas web

5.1.3 Recursos de oficina

- Equipos computacionales
- Softwares:
 - Paquete Office.®
 - AutoCAD.®
 - Solarpe.®
 - SolidWorks.®
 - Helioscope.®
 - Google Earth
 - QGIS

5.2 Métodos

En la **Figura 18** se muestra el diagrama de flujo que se aplicará para la metodología.

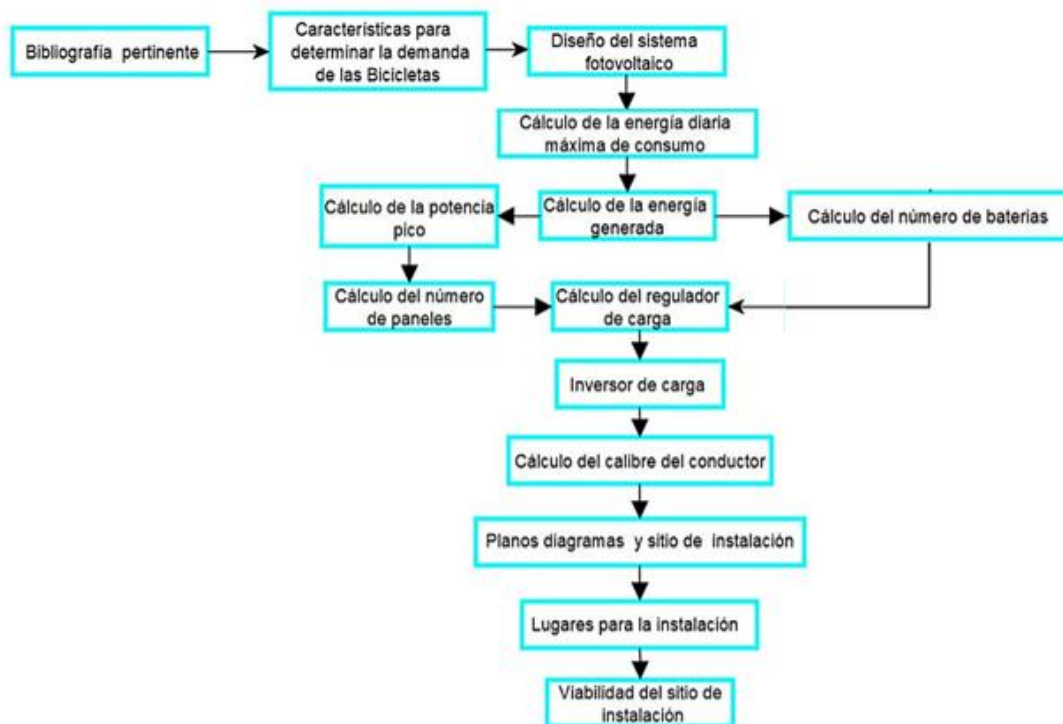


Figura 18. Diagrama de flujo.
Fuente. (Autor)

5.3 Bibliografía e información pertinente.

Investigar bibliografía referente a: sistemas de energía fotovoltaica, vehículos eléctricos, electrolinerías para bicicletas, radiación solar, diseño de sistemas fotovoltaicos aislados.

5.4 Parámetros para determinar la demanda de carga de las bicicletas.

Caracterizar los principales parámetros incidentes en la cargabilidad de una bicicleta eléctrica, Identificar la potencia media y capacidad media de almacenamiento de energía de las bicicletas eléctricas y los sistemas de carga y recopilar información y tabular las características técnicas de las marcas de bicicletas más comerciales de la ciudad de Loja.

5.5 Diseño del sistema fotovoltaico.

Investigar los datos de radiación solar de la ciudad de Loja, y considerar los factores de corrección y factores de pérdidas de energía para dimensionar la capacidad del sistema fotovoltaico. Los datos de radiación deben ser validados y contrastados de fuentes oficiales.

Seleccionar los equipos y componentes para implementar el sistema fotovoltaico y determinar el costo de implementación de una electrolinera.

5.6 Lugares adecuados para instalar las electrolineras en la ciudad de Loja

Recopilar la información geográfica de la ciudad, e identificar las avenidas y calles que disponen de ciclovía.

Identificar los lugares de recreación y de mayor afluencia de gente con la finalidad de determinar los sitios adecuados para implementar electrolineras para bicicletas.

Para la elección del sitio de implementación de la estación piloto se hace un estudio por ponderación ya que en este proyecto se hace la propuesta para 5 sitios estratégicos de la ciudad, se toma en cuenta factores principales acordes a este campo, como lo son:

Facilidad de acceso de la bici usuarios a la estación, sitio adecuado, lugar estratégico según barrios cercanos, lugar estratégico según ciclovías y rutas de ciclistas de montaña y carretera y por último análisis por pérdidas de sombras.

5.7 Ecuaciones y procedimiento

5.7.1 Calcular la potencia de consumo máxima diaria

Consiste en determinar una potencia media a partir de las bicicletas eléctricas más comerciales en la ciudad, de ahí se propone la capacidad de la electrolinera dada para cargar un número determinado de bicicletas, usar la **Ecuación 4**:

$$E_d = \sum (P_{unit} * N_{bicicletas} * T_{carga}) * N_{cargas} + (P_{focos} * T_{encendido} * N_{focos}) * N_{encendido} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

E_d = Energía diaria [Wh]

P_{unit} = Potencia unitaria por cada bicicleta [W]

T_{carga} = Tiempo de carga [h]

N_{cargas} = Número de cargas por día

P_{focos} = Potencia del foco [W]

$T_{encendido}$ = Tiempo de encendido de los focos [h]

N_{focos} = Número de focos

$N_{encendido}$ = Número de encendidos

5.7.2 Demanda energética diaria

Según las normas NEC capítulo 14 (2011), se calcula para una reserva del 10% de la carga.

$$Ded = E_d + E_d(0.1) \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

E_d = Energía diaria [Wh]

5.7.3 Rendimiento Global del sistema (PR)

Para el cálculo del rendimiento total del sistema se determina con las Fórmulas descritas en las Normas NEC capítulo 14 de Energías Renovables (2011). En la **Ecuación 6** señala la eficiencia eléctrica total global del sistema como al valor determinado al multiplicar la eficiencia en las líneas de transmisión o perdidas establecidas por cualquier dispositivo electrónico que use y maneje o acondicione la energía generada.

$$PR = \eta_{temp} \cdot \eta_{suc} \cdot \eta_{reg} \cdot \eta_{cab} \cdot \eta_{bat} \cdot \eta_{aut} \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_{pan} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$\eta_{temp} = 1 - C_T(T_c - 25) \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde η_{temp} es el rendimiento del grupo fotovoltaico por funcionamiento a temperaturas diferentes de las condiciones normales, C_T es el coeficiente de variación de la potencia por funcionamiento a temperaturas diferentes de los estándares de prueba. En caso de no disponer de este valor se puede asumir un valor de 0.005

$$T_c = T_a + 1.25(NOCT - 20) \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde

T_c = es la temperatura de la celda fotovoltaica a una irradiación ideal de 1000 W/m².

T_a = es la temperatura ambiente

NOCT. Es la temperatura de operación de la celda especificada en la ficha técnica del producto, en caso de no contar con este valor se asume un valor de 45⁰C.

η_{suc} y η_{cab} = valores de 0.98 y 0.95 respectivamente recomendados por las Normas NEC-11 en su capítulo 14 y también por el autor Perpiñán (2012).

$\eta_{\text{aut.}}$ y η_{bat} = rendimiento debido a las pérdidas por autodescarga y por rendimiento de las baterías seleccionadas, dato encontrado en la ficha técnica del fabricante.

$\eta_{\text{pan.}}$ = rendimiento de potencia de los paneles fotovoltaicos que el fabricante garantiza.

η_{reg} = Valor que se obtiene de la ficha técnica del regulador.

$\eta_{\text{inv.}}$ = Valor que se obtiene de la ficha técnica del inversor.

5.7.4 Ángulo de inclinación (β)

Para determinar el ángulo óptimo de inclinación de los paneles solares, se emplea el valor de latitud del lugar, aplicar la **Ecuación 9** descrita en Pareja Aparicio (2009).

$$\beta = 3.7 + 0.69 * |\varphi| \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

β = Ángulo de inclinación de los paneles

φ = Latitud del lugar de implementación

5.7.5 Hora solar Pico

$$HSP = \frac{\overline{H_T}}{1000 \text{ W/m}^2} \quad \text{Ecuación 10}$$

Determinar la potencia pico, utilizar la energía de generación y las horas solar pico.

5.7.6 Radiación solar sobre una superficie inclinada.

$$\overline{H_T} = k * \overline{H} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde \overline{H} Es la media mensual diaria de radiación global sobre una superficie horizontal y k se escoge de la **Tabla 1** . Una latitud positiva significa norte y una latitud negativa significa sur.

Tabla 1. Valores de k según Latitud, ángulo de inclinación y meses del año.
Latitud: -4°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0.97	0.98	1	1.02	1.03	1.03	1.02	1.01	1	0.99	0.97	0.97
10	0.94	0.96	1	1.03	1.05	1.05	1.04	1.02	1	0.96	0.94	0.93
15	0.9	0.93	0.98	1.03	1.06	1.07	1.05	1.02	0.98	0.94	0.9	0.88
20	0.85	0.9	0.96	1.03	1.07	1.08	1.06	1.02	0.97	0.9	0.85	0.83
25	0.8	0.86	0.94	1.02	1.07	1.08	1.05	1.01	0.94	0.86	0.8	0.77
30	0.74	0.81	0.91	1	1.06	1.07	1.05	0.99	0.91	0.82	0.74	0.71
35	0.67	0.76	0.87	0.98	1.05	1.06	1.03	0.97	0.87	0.77	0.68	0.64
40	0.6	0.7	0.82	0.95	1.03	1.04	1.01	0.94	0.83	0.71	0.61	0.57
45	0.53	0.64	0.77	0.91	1	1.02	0.98	0.9	0.78	0.65	0.54	0.5
50	0.46	0.57	0.72	0.87	0.97	0.99	0.95	0.86	0.73	0.59	0.47	0.42
55	0.38	0.5	0.66	0.82	0.93	0.95	0.91	0.81	0.67	0.52	0.39	0.34
60	0.3	0.43	0.6	0.76	0.88	0.91	0.86	0.76	0.61	0.45	0.31	0.25
65	0.22	0.35	0.53	0.7	0.83	0.86	0.81	0.71	0.55	0.37	0.23	0.17
70	0.13	0.27	0.46	0.64	0.77	0.81	0.76	0.65	0.48	0.3	0.15	0.12
75	0.1	0.19	0.38	0.57	0.71	0.75	0.7	0.58	0.41	0.22	0.12	0.11
80	0.1	0.11	0.31	0.5	0.64	0.69	0.64	0.52	0.34	0.14	0.11	0.1
85	0.09	0.09	0.23	0.43	0.57	0.62	0.57	0.45	0.26	0.12	0.1	0.09
90	0.08	0.08	0.15	0.35	0.5	0.55	0.5	0.37	0.19	0.11	0.1	0.09

Fuente. (Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción, 2011)

5.7.7 Potencia pico del sistema.

De acuerdo a la norma Nec-11 capítulo 14 sobre energía renovables (2011), para calcular la potencia pico del sistema se aplica la **Ecuación 12**:

$$P_p = \frac{Ded}{HSP * PR} \quad \text{Ecuación 12}$$

5.7.8 Cálculo de paneles solares

Para calcular la cantidad de paneles solares, se debe seleccionar un tipo de panel y emplear la potencia del panel.

$$N_p = \frac{P_p}{P_{panel}} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

P_p = Potencia pico [W]

N_p = Número de paneles

P_{panel} = Potencia del panel [W]

5.7.9 Cálculo del banco de baterías

Para determinar la capacidad del banco de baterías, calcular el producto entre la cantidad de energía a generar y el número de días de autonomía, los autores sugieren 3 días de autonomía.

$$C_{total} = E_g * N \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

C_{total} = Carga total del banco de batería [Wh]

Calcular la capacidad de almacenamiento efectiva del banco de baterías utilizar una profundidad de descarga máxima del 60%.

$$C_{banco} = \frac{C_{total}}{P_d} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

C_{banco} = Capacidad de almacenamiento efectiva [Wh]

P_d = Profundidad de descarga

C_{total} = Carga total del banco de batería

La capacidad de las baterías viene dada por los fabricantes en unidades de amperios hora (Ah) por lo que se requiere convertir la capacidad efectiva del banco de baterías en las mismas unidades para poder calcular la cantidad de baterías.

$$C_{Ah} = \frac{C_{banco}}{V_{sis}} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

C_{Ah} = Capacidad de almacenamiento efectiva en amperios hora [Ah]

V_{sis} = Voltaje del sistema [V]

C_{banco} = Carga total del banco de batería [Wh]

Determinar el número de baterías requiere calcular la razón entre la capacidad de almacenamiento de energía efectiva y la capacidad nominal de las baterías.

$$N_{ba} = \frac{C_{Ah}}{C_{nominal}} \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

C_{Ah} = Capacidad de almacenamiento efectiva en amperios hora [Ah]

N_{ba} = Número de baterías

$C_{nominal}$ = Capacidad nominal de batería [Ah]

(Pareja Aparicio, 2009) recomienda comprobar que la capacidad nominal de la batería no debe ser mayor a 25 veces la corriente de cortocircuito del panel solar, de esta manera se garantiza la carga completa de la batería.

$$C_{nominal} \leq 25 * I_{SC_{CEMPANEL}} \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

$I_{SC_{CEMPANEL}}$ = Corriente de cortocircuito en condiciones estandar de medida [Ah]

$C_{nominal}$ = Capacidad nominal de batería [Ah]

5.7.10 Elección de inversor

Para elegir el inversor de corriente tomando como referencia la potencia de todas las cargas en corriente alterna, aplicar la **Ecuación 19**.

$$PE_{inv} = 1.25 * \frac{P_{CA}}{1 - kc} \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

PE_{inv} = Potencia de entrada al inversor de corriente [W]

P_{CA} = Potencia de las cargas en corriente alterna [W]

kc = Coeficiente de pérdidas en corriente alterna

5.7.11 Elección del controlador de carga

Para determinar la corriente máxima de entrada a la entrada del regulador, aplicar el producto de la corriente de corto circuito I_{SC} del panel por el número de paneles del sistema en paralelo se tiene.

$$I_{max} = 1.25 * N_p * I_{SC} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

I_{max} = Intensidad de corriente máxima [A]

N_p = Número de ramas en paralelos de paneles

I_{SC} = Intensidad de corriente de corto circuito [A]

5.8 Viabilidad y sitios de instalación de electrolineras

Determinar los lugares adecuados en que se puede implementar electrolineras en el perímetro urbano de la ciudad de Loja.

Obtener información de las avenidas de la urbe Lojana que disponen de ciclovías, y los lugares de mayor afluencia de personas y que exista espacios disponibles y aprovechables para la implementación de electrolineras para bicicletas.

La ciudad de Loja cuenta con una red aproximada de 24 km de senderos que atraviesan los parques Jipiro, La Tebaida, Zamora Huayco, Daniel Álvarez y Orillas del Zamora. Su uso mayoritario es recreativo por peatones y ciclistas. (Jaramillo Sangurima, 2016)

5.9 Estudio de sombras.

Se realiza un estudio de las posibles sombras que causan los objetos cercanos al lugar de implementación y puedan causar pérdidas al sistema. Existen varios programas para hacer este análisis, sin embargo, se elige la opción de trabajar con la herramienta Helioscope, ya que ofrece una variada biblioteca de equipos y marcas, otra ventaja es que no hay que instalar programas a la computadora ya que es una plataforma que trabaja directamente en modo online.

El diagrama de los pasos a seguir para hacer el respectivo análisis de sombras con la herramienta Helioscope se puede observar en la **Figura 19**.

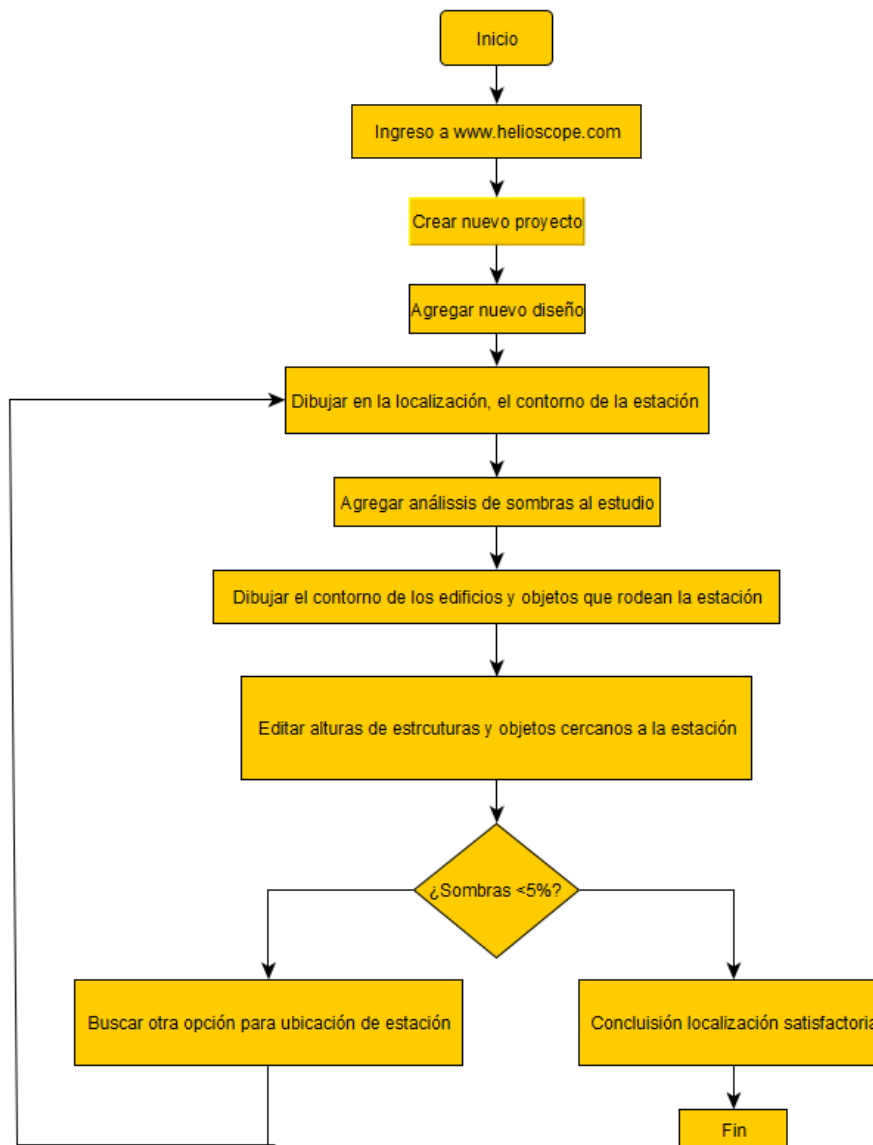


Figura 19. Diagrama de pasos para estudio de sombras en Helioscope.
Fuente. (Autor).

5.10 Planos y diagramas eléctricas.

Elaborar el diseño de la electrolinera, tomar en cuenta un número determinado de tomas de carga, considerar medidas ergonómicas. Dimensionar la cubierta de tal forma que su superficie sea suficiente para instalar los paneles solares.

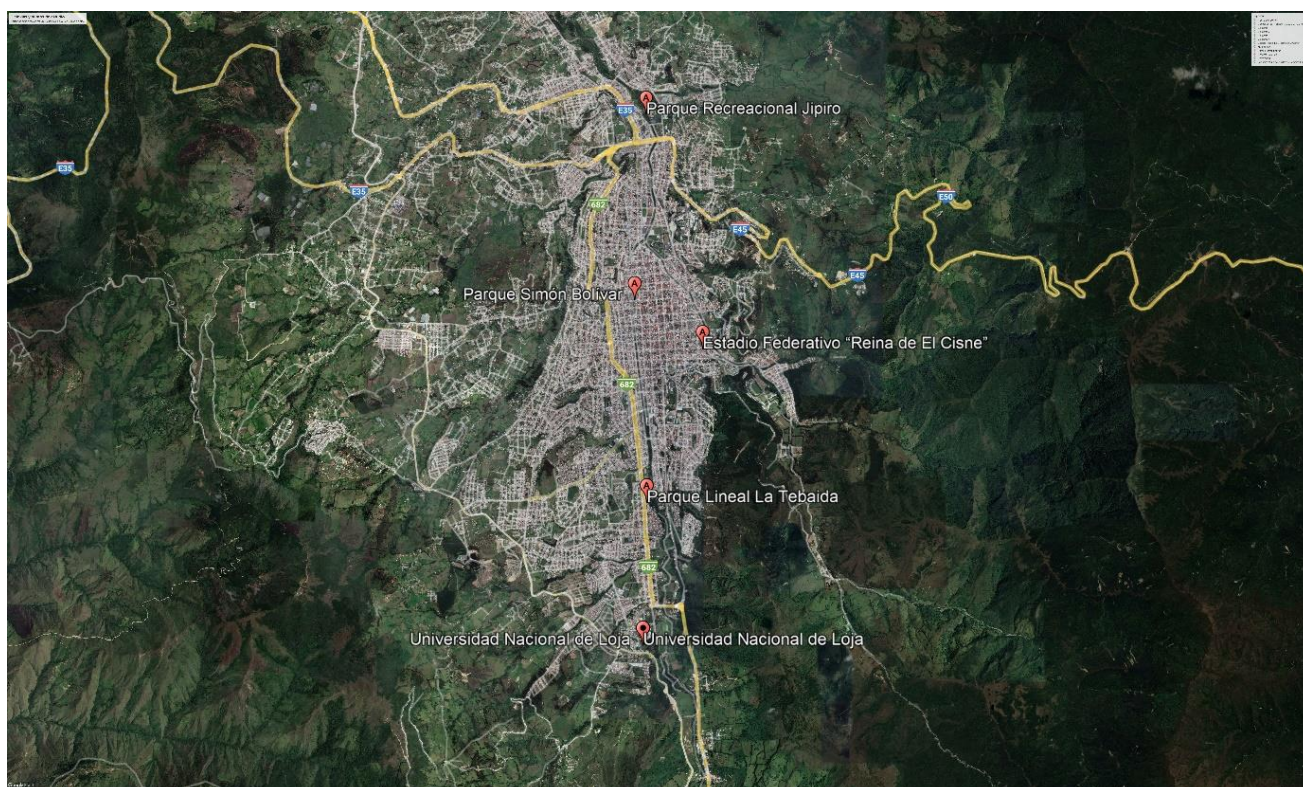
Realizar diseños 2D/ 3D de todo el sistema y elaborar el diagrama de conexión eléctrica.

6 Resultados

6.1 Lugar de implementación de la electrolinerera piloto

El presente proyecto se propuso la implementación de sistemas de carga para bicicletas eléctricas (electrolineras), alimentados por sistemas de micro generación fotovoltaica. Estos sistemas se instalarán en puntos estratégicos de la ciudad de Loja donde exista mayor circulación de estos vehículos. En el mapa de la **Figura 20** se puede observar las ubicaciones de estos puntos con respecto a la ciudad de Loja.

Figura 20. Ubicación de puntos para implementación de las electrolinereras.



Fuente. (GOOGLE, 2023)

Se realizó una ponderación considerando algunos factores como son la disposición de las ciclovías más concurridas, estudio de sombras, lugar estratégico como punto más cercano desde cualquier punto de la ciudad y la disponibilidad de espacio.

6.1.1 Disposición de ciclovías más concurrentes.

Considerando que la ciudad de Loja cuenta con ciclovías urbanas como se pueden observar en el **Anexo 6**, rutas para ciclistas de carretera y rutas para bicicletas de montaña. Se realizó un análisis en un mapa geográfico de toda la ciudad puntualizando las ciclovías y rutas

y su cercanía a los sitios propuestos para el estudio de implementación de la estación de carga para bicicletas eléctricas.

Se realiza un análisis de las rutas más visitadas de bicicleta de carretera, montaña y ciclovías de la ciudad de Loja, según el sitio Wikiloc (2023), esta página hace una calificación de 0 a 50 puntos según el tipo de vía, cabe recalcar que la puntuación es realizada por los ciclistas que visitan la ruta y la califican de acuerdo a la calidad de la calle, pendientes, dificultad, paisaje entre otros.

La distancia desde las rutas mencionadas en el párrafo anterior y los sitios propuestos para el estudio de implementación de la primera electrolinera se detalla en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Distancias entre puntos de implementación y ciclovías, así como también rutas de ciclistas.

Distancia (km)	Jipiro	Parque Bolívar	Estadio Reyna del Cisne	Parque lineal La Tebaida	Universidad Nacional de Loja
Ciclovías					
Sendero ecológico norte Labanda	2.7	5.5	6.4	8.2	10.1
Sendero Ecológico sur la tebaida	5.8	3.1	3	0.350	1.9
Ciclovías casco urbano	0	0	0	0	2.8
Subtotal	8.5	8.6	9.4	8.5	14.8
Rutas de bicicletas de carretera					
Vuelta al Villonaco (42km)	10.3	11	9.8	11.3	11.8
Loja-Catamayo-San Pedro (57km)	6.7	4.3	4.7	3.7	4.2
Ruta Lojana (2.85km)	2.1	0.7	1.6	3.5	5.4
Subtotal	19.1	16	16.1	18.5	21.4
Rutas de bicicletas de montaña					
Carigan-Lolita Samaniego-entrada a Chuquiribamba-vía a Cuenca	5	7.5	8.3	9.9	12.5
Loja-Yanacocha	1.4	3.4	4	6.2	8.1
Laguna de Punzara	7.8	5.1	5.1	2.5	0.5
Subtotal	14.2	16	17.4	18.6	21.1
Total, General	41.8	40.5	42.9	45.6	57.3

En esta tabla se puede observar que el sitio que está estratégicamente más cerca de las rutas de ciclistas y ciclovías es el parque Bolívar, ya que se encuentra en el casco central de la ciudad, por otro lado, el Parque Jipiro estaría como segundo lugar opcional.

6.1.2 Estudio de Sombras.

Para el estudio de sombras se consideró el uso de la herramienta para diseño y cálculo de sistemas fotovoltaicos HelioScope, ya que cuenta con una biblioteca de dispositivos muy versátil y su modo de uso es práctico.

Se realizó el respectivo estudio de sombras empezando con el levantamiento de los objetos más cercanos a los puntos de implementación propuestos, para que la herramienta calcule el porcentaje de pérdidas por sombras que pueden afectar el rendimiento del grupo fotovoltaico.

En la **Tabla 3** se puede observar los datos simulados por la herramienta HelioScope en porcentaje de pérdidas de sombras según los sitios propuestos. En el **Anexo 5** se puede verificar la simulación de los lugares de implementación indicando el porcentaje de pérdidas según las coordenadas ingresadas y el levantamiento de las alturas de los objetos cercanos que producen sombras.

Tabla 3. Porcentajes de pérdidas por sombras calculados con la herramienta HelioScope

Sitios propuestos	Porcentajes de pérdidas por sombras (%)
Parque Recreacional Jipiro	1.8
Parque Bolívar	5.5
Estadio Reyna del Cisne	4.1
Parque Lineal La Tebaida	1.8
Universidad Nacional de Loja	2.2

6.1.3 Distancia hacia los barrios más alejados de la Ciudad de Loja.

En la **Tabla 4** se puede observar que el sitio que suma menos distancia hacia los barrios más alejados de la ciudad de Loja, es el punto que está ubicado en Jipiro, ya que se encuentra en una zona estratégica central considerando norte y sur de la ciudad, desde el barrio Zalapa en el norte de la ciudad hasta el barrio El Capulí al sur de la misma.

Tabla 4. Distancias entre puntos de implementación y barrios más lejanos de la ciudad de Loja.

Distancia (km)	Jipiro	Parque Bolívar	Estadio Reyna del Cisne	Parque Lineal la Tebaida	Universidad Nacional de Loja
Zalapa	9	11.4	12.3	14.2	16.1
Virgen pamba	5.2	7.8	8.5	10.5	12.4
Carigan	6.5	8.9	9.8	11.3	13.3
Jipiro Mirador	2.5	4.4	5.1	7.2	9.1
Tierras coloradas	8.6	6.1	6.6	5.5	6
Zamora Huaico	4.8	2.7	1.5	3.9	5.8
El Capulí	8.9	6.3	5.9	3.7	2.8
Total	45.5	47.6	49.7	56.3	65.5

6.1.4 Lugar adecuado de implementación

Para dar un calificativo a los lugares con el espacio adecuado para el emplazamiento de las estaciones de carga para bicicletas eléctricas, se realizó una evaluación con un puntaje de acuerdo a factores como el espacio disponible, impacto ambiental mínimo, facilidad de acceso, permisos legales entre otros. En la **Tabla 5** se observa el puntaje de cada factor, al ser 1 como puntaje positivo y 0 para negativo.

Tabla 5. Lugar de implementación adecuado según factores

Factores	Parque recreacional Jipiro	Parque Bolívar	Estadio Reyna del Cisne	Parque Lineal La Tebaida	Universidad Nacional de Loja
Espacio disponible	1	0	0	1	1
Mínimo Impacto ambiental	0	0	1	0	0
Facilidad de acceso	1	1	1	1	1
Permisos Legales	1	1	0	1	1
Total	3	2	2	3	3

Los resultados de las tablas de calificación según los factores anteriores se resumen en la **Tabla 6** en la cual se hace una ponderación de los mejores puntajes de acuerdo a cada criterio y se obtuvo un resultado de 3 factores en los que el Parque Recreacional Jipiro es el lugar

elegido como lugar de implementación piloto para seguir con el estudio de dimensionamiento ya que obtuvo el mejor puntaje.

Tabla 6. Resultados de los factores a considerar para ponderación

Lugares propuestos	Disposición de ciclovías más concurridas (km)	Estudio de sombras (%)	Lugar estratégico (km)	Espacio adecuado (m ²)
Parque Recreacional Jipiro	42.2	1.8	45.5	3
Parque Bolívar	41.1	5.5	47.6	2
Estadio Reyna del Cisne	43.4	4.1	49.7	2
Parque Lineal la Tebaida	46.55	1.8	56.3	3
Universidad Nacional	57.3	2.2	65.5	3



Figura 21. Parque recreacional Jipiro, lugar de implementación de la electrolinera.
Fuente. (Qgis)

Para el diseño del sistema piloto de carga se determina las coordenadas de ubicación del lugar que se va a implementar, en este caso el Parque Jipiro se encuentra situado en el sector céntrico de la ciudad a una Latitud -3.9743739 y Longitud 79.2027424, el lugar exacto de implementación se muestra en la **Figura 21**.

El primer requerimiento para contar con un diseño correcto es obtener los datos de radiación solar del lugar, para este trabajo los datos se toman de la plataforma National

Renewable Energy Laboratorio (NREL) Home Page, 2022), este laboratorio cuenta con bases de datos actualizadas y contrastadas con estaciones meteorológicas terrestres.

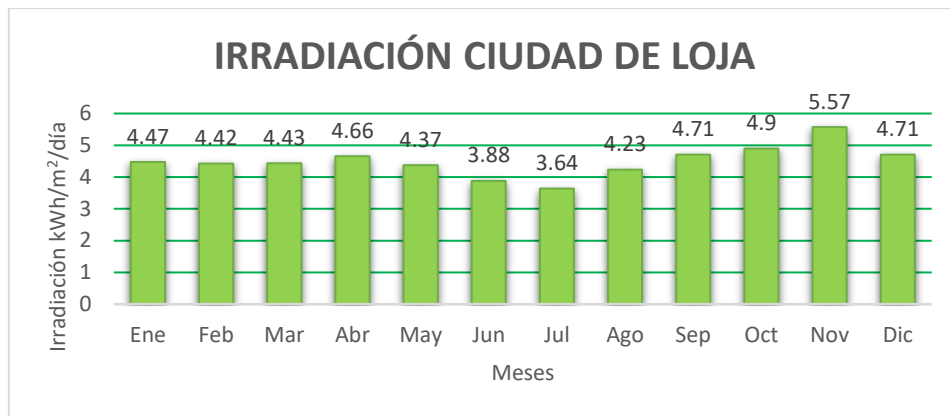


Figura 22. Curva de irradiación solar de la ciudad de Loja.
Fuente. (National Renewable Energy Laboratory (NREL) Home Page, 2022)

6.2 Sistema fotovoltaico

6.2.1 Demanda energética de una bicicleta eléctrica

La demanda se determina considerando un valor medio de capacidad para almacenamiento de energía que poseen las bicicletas disponibles en el mercado, donde aproximadamente cada una requiere 500 W máximos de potencia de acuerdo a la **Tabla 8**, las potencias oscilan en un rango de 250 W hasta 500 W. Pero de acuerdo a las normativas internacionales que se observan en la **Tabla 7**, para bicicletas eléctricas estándar de 250 W, son las únicas que pueden circular en vías peatonales y ciclovías, estas son reconocidas como bicicletas eléctricas y podrán andar en las ciclovías del país.

Para dispositivos de carga rápida el tiempo de carga está en el rango de 0.5 horas hasta 2 horas dependiendo de la potencia de la bicicleta. Adicionalmente se implementa una potencia de 45 W la cual corresponde a 5 focos de 9 W cada uno, los cuales tendrán un tiempo de encendido de tres horas de 19h00 a 22h00 de la noche.

La potencia de una bicicleta eléctrica se mide en vatios (W), que es una unidad que indica la cantidad de energía que se está utilizando en un circuito eléctrico en un momento determinado. La potencia de una bicicleta eléctrica depende de la cantidad de amperios (A) que tiene la batería y de la cantidad de voltios (V) que necesita el motor para funcionar. Los amperios indican la cantidad de corriente eléctrica que fluye a través de un circuito en un segundo, y los voltios indican la cantidad de energía que se necesita para mover una carga eléctrica de un punto a otro. Para calcular la potencia de una bicicleta eléctrica, se debe

multiplicar el número de amperios por el número de voltios. Por ejemplo, si una bicicleta eléctrica tiene una batería de 10 A y un motor de 36 V, su potencia será de 360 W.

Tabla 7. Clasificación de bicicletas eléctricas según normas internacionales

Clasificación de bicicletas según norma europea EN 15194 y normativa DTG 2023			
Descripción	Potencia (W)	Tipo	Velocidad (V)
Bicicleta estándar EPAC (Electronically Power Assisted Cycles). homologada por la Unión europea por la normativa Pedelec, no requiere permisos de circulación ni matrícula, apta para ciclovías y senderos peatonales.	250	Urbana	25 km/h
Comúnmente llamada eBike o bicicleta eléctrica considerada ciclomotor por tener un motor eléctrico que le permite moverse sin que el usuario tenga que pedalear, pueden llevar motores más potentes que requieren de un acelerador, apta para vías con pendientes pronunciada como montañas, necesita permisos para circular según las normas de distintos países.	350 a 500	Montaña	32 km/h

Por considerar la norma DTG 2023 europea en este diseño para el alcance de potencia por cada bicicleta se consideró tomar la potencia unitaria máxima de 500 W, ya que por razones geográficas de la ciudad de Loja, cuenta con pendientes pronunciadas, rutas dificultosas y ciclovías urbanas, lo más recomendable sería el uso de bicicletas eléctricas más potentes, este dato se corroboró haciendo una investigación sobre las bicicletas que se pueden conseguir en el mercado local obtenidos en la **Tabla 8** y así la estación contaría con la posibilidad de cargar bicicletas en el rango de 250 a 500 W.

Tabla 8. Características técnicas de las bicicletas eléctricas vendidas en Ecuador

Marca de bicicletas eléctricas más vendidas en el mercado							
Marca	Potencia motora (W)	tipo	Voltaje batería (V)	Corriente batería (Ah)	Tiempo de carga (h)	Autonomía (km)	Fuente
Turbo Aro 26	350	Urbana	36	10.4	4	45-65	Mercado libre
G-bike H1 Max	400	Urbana	48	7.5	4-5	55-75	Mercado libre
Hotebike Aro 26	250	Urbana	36	10	4-6.5	60-100	Mercado libre
Strike 4	250	Urbana	36	8.8	4-5	25-50	ecomotion.com
Tiv Ecomove	250	Urbana	36	10	5	30-60	ecomotion.com
Turbo Aro 26	350	Urbana	36	10.4	4	45-65	Mercado libre
Ebike Traxx 500	500	Todo terreno	48	13	6	45-75	www.ecomove.com.ec
Ebike Rock 4	250	Urbana	36	7	5	30-60	www.ecomove.com.ec
Ebike Pivot	250	Urbana	36	10	5	30-60	www.ecomove.com.ec
Ebike Strik	250	Urbana	36	10	5	30-60	Ecomove.com.ec
Kit conversión Shuangye	500	Urbana	48	13	5	¿	Proviento.com.ec
Ziyoujig uang T18	250	Urbana	36	12	4	¿	Proviento.com.ec

Fuente: Autor

6.2.1.1 Energía diaria

La potencia de diseño por cada bicicleta corresponde a la potencia requerida diariamente para cargar 3 bicicletas simultáneamente de 500 W, y 5 focos de 9W en el supuesto caso que se cargue al 100%. La capacidad de carga de la electrolinera se propone para cargar hasta 6 bicicletas diarias y 5 focos de 9W.

$$E_d = \sum (P_{unit} * N_{bicicletas} * T_{carga}) * N_{cargas} + (P_{focos} * T_{encendido} * N_{focos}) * N_{encendido}$$

$$E_d = \sum (500 W * 3 * 1h) * 2 + (9W * 3h * 5) * 1$$

$$E_d = 3000 Wh + 135Wh$$

$$E_d = 3135Wh$$

6.2.1.2 Demanda energética diaria

Según las normas NEC capítulo 14 se calcula para una reserva del 10% de la carga.

$$Ded = E_d + E_d(0.1)$$

$$Ded = 3135Wh + 3135Wh(0.1)$$

$$Ded = 3448.5 Wh$$

6.2.1.3 Rendimiento Global del sistema (PR)

Para el cálculo del rendimiento total del sistema se determinó con la **Ecuación 6**

$$PR = \eta_{temp} \cdot \eta_{suc} \cdot \eta_{reg} \cdot \eta_{cab} \cdot \eta_{bat} \cdot \eta_{aut} \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_{pan}$$

Para el cálculo del rendimiento del grupo fotovoltaico por funcionamiento a temperaturas diferentes se calculó con la **Ecuación 7**

$$\eta_{temp} = 1 - C_T(T_c - 25)$$

Donde η_{temp} es el rendimiento del grupo fotovoltaico por funcionamiento a temperaturas diferentes de las condiciones normales.

C_T es el coeficiente de variación de la potencia por funcionamiento a temperaturas diferentes de los estándares de prueba. En caso de no disponer de este valor, por la norma se asume el valor de 0.005

$$T_c = T_a + 1.25(NOCT - 20)$$

Donde:

T_c = es la temperatura de la celda fotovoltaica a una irradiación ideal de 1000 W/m².

T_a = es la temperatura ambiente.

Para la ciudad de Loja la temperatura ambiente promedio es de 18⁰C según estación meteorológica UNL Argelia (2022)

NOCT = es la temperatura de operación de la celda especificada en la ficha técnica del producto, en caso de no contar con este valor se asume un valor de 45⁰C.

η_{suc} . y η_{cab} . = valores de 0.98 y 0.95 respectivamente recomendados por las Normas NEC-11 en su capítulo 14 y también por el autor Perpiñán (2012).

η_{aut} . y η_{bat} = rendimiento debido a las pérdidas por autodescarga y por rendimiento de las baterías seleccionadas, dato encontrado en la ficha técnica del fabricante ver **Anexo 2**.

η_{pan} . = rendimiento de potencia de los paneles fotovoltaicos que el fabricante garantiza, ver **Anexo 1**.

η_{reg} = Valor que se obtiene de la ficha técnica del regulador, ver **Anexo 4**.

η_{inv} . Valor que se obtiene de la ficha técnica del inversor, ver **Anexo 3**.

$$T_c = T_a + 1.25(NOCT - 20^\circ C)$$

$$T_c = 18^\circ C + 1.25 (45^\circ C - 20^\circ C)$$

$$T_c = 49.25^\circ C$$

$$\eta_{temp} = 1 - C_T(T_c - 25^\circ C)$$

$$\eta_{temp} = 1 - 0.005(49.25 - 25^\circ C)$$

$$\eta_{temp} = 0.87$$

$$PR = \eta_{temp} \cdot \eta_{suc} \cdot \eta_{reg} \cdot \eta_{cab} \cdot \eta_{bat} \cdot \eta_{aut} \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_{pan}$$

$$PR = 0.87 * 0.98 * 0.98 * 0.95 * 0.92 * 0.98 * 0.88 * 0.90$$

$$PR = 0.567$$

6.2.1.4 Potencia pico del campo fotovoltaico

Tomando la latitud ($\varphi = -3.97$) del lugar donde se implementará el sistema fotovoltaico y mediante el modelo matemático descrito en la **Ecuación 9** se calcula el ángulo de inclinación.

$$\beta = 3.7 + 0.69 * |\varphi|$$

$$\beta = 3.7 + 0.69 * 3.97$$

$$\beta = 6.4^\circ \cong 6^\circ \text{ grados de inclinación para el panel solar}$$

Luego se encuentra la potencia pico del campo fotovoltaico que se debe instalar, esta es la relación proporcional existente entre la energía a generar y las horas solar pico (Hsp). Se emplea una constante de irradiancia de $1kW/m^2$.

$$HSP = \frac{\overline{H_T}}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$\overline{H_T} = k * \overline{H}$$

Donde \overline{H} Es la media mensual diaria de radiación global sobre una superficie horizontal y k se escoge de la **Tabla 1**. Una latitud positiva significa norte y una latitud negativa significa sur.

Latitud -3.9743739 y Longitud 79.2027424.

$k=1.022$

Por lo tanto, la radiación sobre una superficie inclinada es:

$$\overline{H_T} = k * \overline{H}$$

$$\overline{H_T} = 1.022 * 3.64 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$$

$$\overline{H_T} = 3.72 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$$

Entonces la Hora solar pico se tiene:

$$Hsp = \frac{3.72 \text{ kWh/m}^2/\text{día}}{1 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}}$$

$$Hsp = 3.7 \text{ h/día}$$

Por lo tanto, la potencia pico resulta

$$P_p = \frac{Ded}{HSP * PR}$$

$$P_p = \frac{3448.5 \text{ Wh}}{3.7 * 0.567}$$

$$P_p = 1643.78 \text{ W}$$

6.2.2 Número de paneles necesario

Los paneles propuestos son del modelo Policristalino JAP6 60 265-3BB mostrados en la **Figura 23**, estos paneles trabajan a una tensión $V_p = 30 \text{ V}$, y su potencia es de $P_{panel} = 265 \text{ W}_p$, el número de paneles en paralelo será y el voltaje del sistema de baterías es de 24 V :

$$N_p = \frac{P_p}{P_{panel}}$$

$$N_p = \frac{1643.78 \text{ W}}{265 \text{ W}}$$

$$N_p = 6.20 * 1.2 = 7.4 \cong 8 \text{ paneles}$$

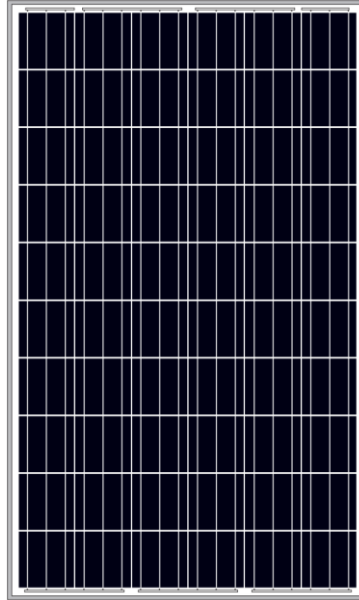


Figura 23. Panel policristalino JAP 265-3BB.
Fuente. (www.jasolar.com, 2014)

El número de paneles será 6 unidades en paralelo. El total de la potencia nominal de 1.5 kWp, la ficha técnica se muestra en el **Anexo 1**.

6.2.2.1 Capacidad del sistema de acumulación

La capacidad del banco de baterías es producto entre la cantidad de energía a generar diariamente por el sistema fotovoltaico y el número de días de autonomía (N).

La mayoría de autores sugieren 3 días, lo que quiere decir que durante tres días el sistema proveerá la demanda de energía, aunque no haya generación.

$$C_{total} = Ded * N$$

$$C_{total} = 3448.5Wh * 3$$

$$C_{total} = 10345.5 Wh$$

Como las baterías tienen una vida útil que depende de sus ciclos y profundidad de descarga, será necesario determinar una cantidad de baterías considerando dicha profundidad

de descarga. Los fabricantes de baterías y algunos autores sugieren una profundidad de descarga máxima del 60%.

$$C_{banco} = \frac{C_{total}}{P_d}$$

$$C_{banco} = \frac{10345.5Wh}{0.60}$$

$$C_{banco} = 17242.5 Wh$$

6.2.2.2 Número de baterías

La cantidad de unidades (baterías) que conforman el banco acumulador viene dada por la capacidad nominal de una batería que se propone, para ello se considera la tensión a la que el sistema trabajará, de esta manera se determina la capacidad del banco acumulador en unidades de amperios hora (Ah) y posteriormente la cantidad de baterías. En la **Figura 24** se muestra la batería.

$$C_{Ah} = \frac{C_{banco}}{V_{sis}}$$

$$C_{Ah} = \frac{17242.5 Wh}{24 V}$$

$$C_{Ah} = 718.437 Ah$$

Se propone el uso de baterías de Litio LFP Smart 25.6/200 de 24 V, las características técnicas se detallan en la ficha técnica mostrada en el **Anexo 2**.



Figura 24. Batería de Litio LFP Smart 25.6/200 de 24 V
Fuente. (RENOVA, 2022)

$$N_{ba} = \frac{C_{Ah}}{C_{nominal}}$$

$$N_{ba} = \frac{718.437 \text{ Ah}}{200 \text{ Ah}}$$

$$N_{ba} = 3.59 \cong 4 \text{ baterías}$$

Según (Pareja Aparicio, 2009) para asegurar una adecuada recarga de las baterías, la capacidad nominal del acumulador (en Ah) no excederá en 25 veces la corriente en amperios (A) de cortocircuito en Condiciones Estándar de Medida (CEM) del generador fotovoltaico.

$$C_{nominal} \leq 25 * I_{SC_{CEMPANEL}}$$

$$200 \text{ Ah} \leq 25 * 9.1 \text{ A}$$

$$200 \text{ Ah} \leq 227.50 \text{ A}$$

6.2.3 Inversor

Para elegir el inversor de corriente se necesita conocer la potencia a su entrada, PE_{inv} , esta potencia será igual o mayor a la suma de las potencias de las cargas en corriente alterna multiplicado por un factor de protección y dividido entre la eficiencia del inversor. El inversor de corriente sería utilizado en caso de que el usuario lleve su propio cargador ya que el tomacorriente es estandarizado. Ver **Figura 25**.

$$PE_{inv} = 1.25 * \frac{P_{CA}}{1 - \eta_c}$$

$$PE_{inv} = 1.25 * \frac{1500 \text{ W}}{1 - 0.2}$$

$$PE_{inv} = 2343.75 \text{ W} = 2.34 \text{ kW}$$

El inversor propuesto es de la marca Must PV3000 LMPK Series, de 24 V/120, de 3000 W, las especificaciones técnicas se muestran en el catálogo detallado en el **Anexo 3**.

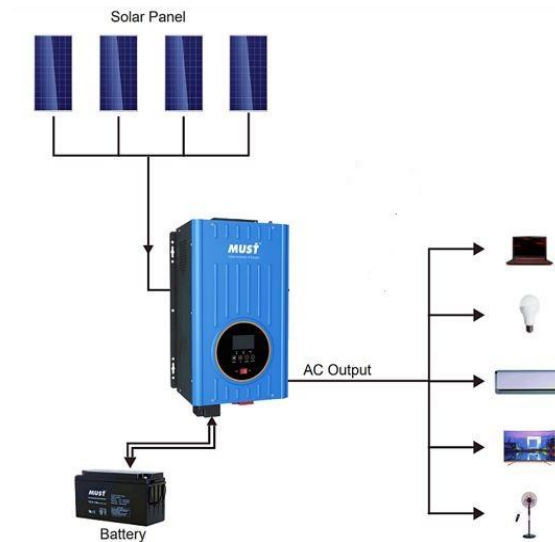


Figura 25. Must PV3000 LMPK Series, de 24V/120.
Fuente. (Autosolar, 2022a)

6.2.4 Regulador de carga

Para elegir el regulador de carga se determinó las corrientes máximas de entrada y de salida que debe de soportar el mismo. La corriente máxima a la entrada del regulador se calcula usando la **Ecuación 20**. El arreglo fotovoltaico consta de 4 ramas en paralelo conformadas por dos paneles en serie tal como se muestra en la **Figura 26**.

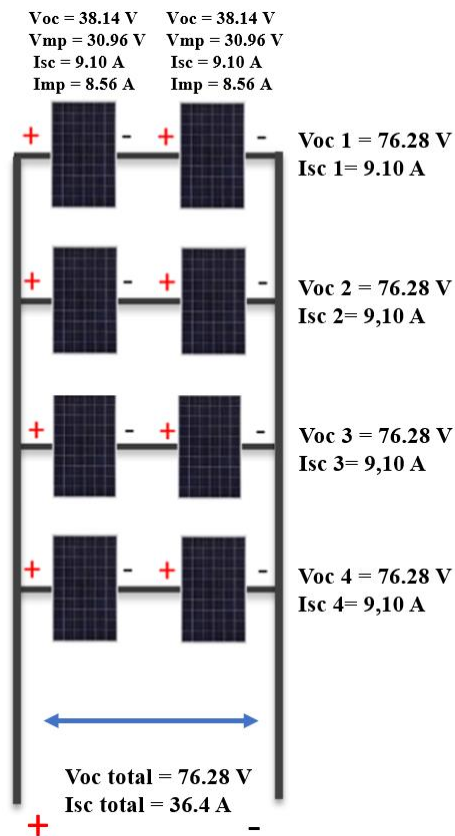


Figura 26. Esquema de conexión del sistema fotovoltaico

$$I_{max} = 1.25 * N_p * I_{SC}$$

Para calcular la entrada de corriente al regulador se necesita encontrar la corriente de salida del grupo fotovoltaico, como se tiene 4 ramas en paralelo, entonces:

El número de ramas en paralelo son:

$$N_p = 4$$

$I_{SC} = 9.10$, corriente de cada panel, obtenido del **Anexo 1**

Entonces:

$$I_{max} = 1.25 * N_p * I_{SC}$$

$$I_{max} = 1.25 * 4 * 9.10 \text{ A}$$

$$I_{max} 45.5 \text{ A}$$

En la expresión mostrada el valor de 1.25 es un factor de protección para evitar daños en el regulador por picos de corriente. La expresión de la corriente máxima a la salida del regulador dependerá de dónde se vaya a conectar el inversor, directamente al banco de baterías o al regulador. En este caso se conectará a bornes de las baterías, consiguiendo de esta forma que la intensidad a la salida del regulador sea mucho menor. Esta opción es la aconsejada por los fabricantes tanto de reguladores como de inversores, ya que, en momentos puntuales, el inversor podría demandar picos de intensidad que la salida del regulador no soporte. Aun así, hay que decir que, conectando el inversor al grupo acumulador se corre el riesgo de aumentar los ciclos de carga/descarga de este último, pudiendo reducir la vida útil de las baterías.

La **Figura 27** muestra el regulador elegido, que trata de un equipo de marca Studer VT-65, este controlador puede trabajar con potencias recomendadas de hasta 4 kWp y carga la batería con una corriente máxima de 65 A. Sus dos entradas MPPT ofrecen posibilidades de conexión muy flexibles. Pueden configurarse en paralelo, en serie o pueden ser independientes. Al conectar las entradas en serie, la cadena de módulos fotovoltaicos puede tener una tensión de hasta 145V. los principales datos característicos se muestran en el catálogo del **Anexo 4**.



Figura 27. Regulador de carga Studer VT-65c.
Fuente. (Proviento, 2022)

6.2.5 Calibre de conductor para corriente continua

Para los sistemas fotovoltaicos se utilizan conductores o cables solares, poseen características resistentes a elevadas y bajas temperaturas, lluvias, y demás factores de la intemperie.

6.2.5.1 Intensidad de corriente en los conductores de corriente continua

Se determina la corriente en los tramos de conductor que conectan los paneles solares con el regulador de carga, se conectarán 4 ramas en paralelo conformado por 2 paneles en serie.

$$I_{sc\ total} = \frac{P_{arreglofv}}{V_{oc\ total}}$$

Donde:

$$P_{arreglofv} = V_{oc\ total} * I_{sc\ total}$$

$$P_{arreglofv} = 76.28\ V * 36.4\ A$$

$$P_{arreglofv} = 2776.59\ W$$

Entonces:

$$I_{sc\ total} = \frac{2776.59\ W}{76.28\ V} = 36.4\ A$$

Considerando la conexión en paralelo de las 4 ramas de 2 paneles fotovoltaicos en serie, se tiene un flujo de corriente de $I_{cc} = 36.4 A$, luego se determina la caída de tensión y se comprueba que la caída no supere el 3% recomendado.

$$I_{cc} = 36.4 A$$

$$\Delta V = (2 * \rho * l * I_{cc}) / S$$

$$\Delta V = (2 * 0.01786 \Omega \cdot mm^2 m * 10 m * 36.4 A) / 16 mm$$

$$\Delta V = 0.81 V$$

La caída de tensión se tiene de la siguiente manera:

$$\%_{\Delta V_c} = \frac{\Delta V}{V_{np}} * 100\% \leq 3\%$$

$$\%_{\Delta V_c} = \frac{0.81 V}{30.96 V} * 100\% \leq 3\%$$

$$2.62\% \leq 3\%$$

6.3 Planos y dibujos 3D

La elaboración de planos se desarrolla en el software AutoCAD® versión estudiantil, y los dibujos 3D en SolidWorks® versión estudiantil, la finalidad de estos diseños es facilitar la interpretación y la disposición de los elementos en el prototipo al momento de implementarlo. La **Figura 28** detalla el diseño 3D y los planos 2D se detallan en el ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

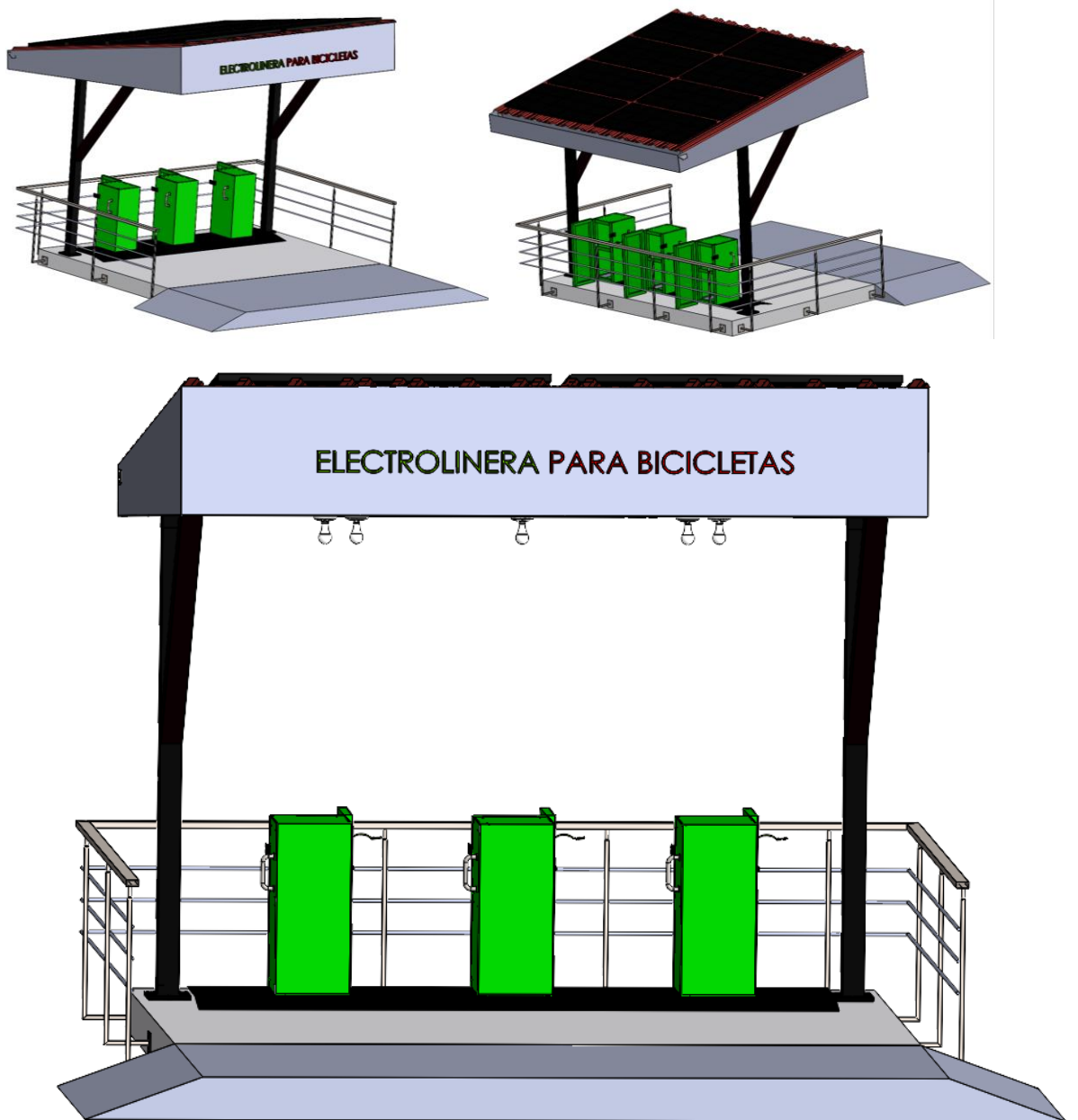


Figura 28. Diseño 3D de Electrolinera alimentada por un sistema fotovoltaico.

Fuente. (Autor)

6.4 Viabilidad y sitios para implementar las electrolineras

Desde la ejecución del proyecto de Regeneración Urbana del año 2017 la urbe Loja cuenta con ciclovías en algunas avenidas, por lo que resulta cómodo utilizar bicicletas convencionales y bicicletas eléctricas para la movilidad, estos medios de transporte son favorecidos ya que la topografía es generalmente plana lo cual no requiere mecanismos de alta potencia y por ende de mayor consumo energético.

La ciclovía es tomada como parte del conjunto de acciones para mejorar la movilidad urbana de la ciudad, por ello se ha planteado la creación de electrolineras para bicicletas,

eléctricas en distintos puntos de la ciudad, las ciclovías conectan el sur y norte de la ciudad en poco tiempo, ver **Figura 29**.

<i>SENTIDO CICLO VÍA</i>		<i>SUBE</i> ↓	<i>SENTIDO CICLO VÍA</i>		<i>QUE BAJA</i> ↑
<i>Norte a sur</i>	<i>Calle 18 de noviembre</i> <i>Av. 24 de Mayo</i>		<i>Sur a Norte</i>	<i>Av. Bernardo Valdivieso</i> <i>Av. Orillas del Zamora</i>	
	<i>SENTIDO ESTE</i> →			<i>SENTIDO OESTE</i> ←	
<i>Este a oeste</i>	<i>Calle Lourdes</i> <i>Calle José A. Eguiguren</i>		<i>Oeste a Este</i>	<i>Calle Mercadillo</i> <i>Calle Colón</i>	

Figura 29. Definición de sentido y ejes de ciclovía.

Fuente. (Departamento de Planificación Municipio de Loja)

La ciudad de Loja, se encuentra ubicada al sur de la región interandina (Sierra) Del Ecuador, en el valle de la Cuxibamba, situada a 2100 m.s.n.m. y a 4° de latitud sur, tiene una extensión de tierra de 11027 km². El clima de la ciudad es templado, sub húmedo, caracterizado por una temperatura media del aire de 16° y una lluvia anual 900ml.

6.4.1 Parque Jipiro

Ubicado al norte de la ciudad de Loja, su extensión es aproximadamente de 10 hectáreas. Entre sus actividades están: el parque náutico en la laguna Jipiro, réplicas de expresiones arquitectónicas y culturales de la humanidad etc. En la **Figura 30** se muestra el parque recreacional Jipiro.



Figura 30. Parque recreacional Jipiro.

Fuente. (Autor)

6.4.2 Parque Simón Bolívar

Un pequeño espacio que se abre para marcar la entrada hacia el centro desde la Avenida Universitaria, el parque es perfecto para pasear y dispersarse sin tener que viajar mucho del centro.

El parque cuenta con bonitos jardines, pérgolas y espacios amplios para caminar y distraerse, y en el centro de él se ubica la estatua de Simón Bolívar. En la **Figura 31** se muestra el parque Simón Bolívar.



Figura 31. Parque Simón Bolívar.
Fuente. (Autor)

6.4.3 Parque Lineal la Tebaida

Ubicado en la Av. Pío Jaramillo Alvarado, paralelo con el acceso al Sendero Ecológico y con propagación a la Av. Iberoamericana. Cuenta con canchas, canastas de baloncesto, escalada, zona de ejercicios, juego para los niños y hermosas fuentes que conducen al lago y al sendero Ecológico. La **Figura 32** muestra el parque lineal la Tebaida.



Figura 32. Parque Lineal La Tebaida.
Fuente. (Autor)

6.4.4 Redondel de la Universidad Nacional de Loja

El redondel de la Universidad Nacional de Loja (UNL), se encuentra ubicado Av. Pío Jaramillo Alvarado.

En el redondel se encuentra el monumento al ilustre lojano Pío Jaramillo Alvarado, es ahí el lugar de encuentro y descanso de los estudiantes, donde se habla temas de análisis y debate. En la **Figura 33** se muestra el redondel de la Universidad Nacional De Loja.



Figura 33. Redondel de la Universidad Nacional De Loja.
Fuente. (Autor)

6.4.5 Estadio Reina del Cisne

El estadio es un escenario multiusos, está ubicado en la Av. Emiliano Ortega y Azuay, es usado mayoritariamente para la práctica de fútbol, los exteriores del estadio cuentan con parque, juegos recreacionales, canchas de básquet, y espacios para la práctica deportiva. En la **Figura 34** se muestra el estadio Reina del Cisne.



Figura 34. Estadio Reina del Cisne.
Fuente. (Autor).

6.5 Costos de inversión

En la **Tabla 9** se realizó una lista con los rubros del costo de la implementación de acuerdo a las tarifas existentes en el mercado local, determinando un costo total de 14910.4 dólares americanos, por la instalación de la estación de carga para bicicletas eléctricas, cabe recalcar que el costo de mano de obra, así como también mantenimiento y materiales están reflejados en el mismo hasta la presente fecha.

Tabla 9. Cotización de la lista de equipos, materiales, mano de obra y mantenimiento preventivo anual.

Ítem	Descripción	Marca	Unidades	Valor/U (\$)	Valor total (\$)
Sistema fotovoltaico					
Panel solar	265 W, 24 V	Policristalino JAP 265-3BB	8	200	1600
Batería	24 V, 200 A	Litio LFP 25 6/200	4	1705.95	6822.36
Inversor	24 V/120 3000 W	Must PV3000 LMPK	1	2150	2150
Controlador	65 A	Studer VT-65c	1	1165	1765
Cables banco de baterías	2x8 THHN		20	3	60
Cables grupo FV	Concéntrico # 3x8		20	3.5	70
Conectores	mc4	4 paralelo-4 Serie	8	12	144
Varilla puesta a tierra	Varilla cooperweld 1.50 m	Cooperweld	1	15	15
Protecciones eléctricas	2x16 A	Doble	1	8	8
Protecciones eléctricas	2x20 A	Dobles	3	10	30
Protecciones eléctricas	2x40	Doble	1	15	15
Sistema eléctrico					
Circuito luminarias	Cable 14 AWG	Electro cable	20	0.5	10
luminarias	Led 9 W	Sylvania	5	2.5	12.5
Interruptor Simple	Simple una vía sobre puesto	Mavijú	1	2.5	2.5
Circuito tomacorrientes estación	Cable 14 AWG	Electrocable	15	0.5	7.5
Circuito tomacorrientes estación	Cable 10 AWG	Electrocable	27	0.8	21.6
Tablero de distribución 1	4x8 sobrepuesto	General electric	1	15	15
Tablero de distribución principal	120x40x30 cm	incluida riel Din	1	180	180

Gabinete eléctrico de carga (estación de carga)	120x40x30 cm	riel din incluida	3	200	600
Tomacorriente salida carga	110-220V		3	4	12
Obra civil					
Pozo revisión baterías	40x175x90 cm		1	150	150
Estructura soporte	2 vigas de 10x10				560
Estructura paneles	Kit montura PV	3.4x3.50	1	200	200
Base concreto					600
Mano de obra					
Personal	Cantidad	Costo/día de trabajo (\$)	Cantidad/días de trabajo		Valor total (\$)
Maestro civil	1	45	3		135
Técnico solar/eléctrico	1	60	1		60
Oficiales/ayudantes	2	20	2		80
Inversión inicial total (\$)					14677.4
Mantenimiento preventivo					
Personal	Cantidad	Costo/mantenimiento preventivo	Cantidad/año	Total (\$)	
Técnico. Eléctrico	1	50	3	150	
Insumos	1			50	
Costo total mantenimiento anual				200	

Fuente: Autor

En la **Tabla 9** se puede observar que el costo total de inversión inicial para la implementación de la primera estación de carga solar para bicicletas eléctricas es de 14677.4 dólares americanos, sin embargo, el costo por mantenimiento preventivo durante un año de trabajo es de 200 dólares americanos.

7 Discusión

El sistema diseñado tiene como objetivo aprovechar la energía solar, una fuente limpia e ilimitada, para ofrecer un servicio de recarga de bicicletas eléctricas y/o scooters en la ciudad de Loja. La metodología aplicada en el proyecto consiste en calcular la demanda media diaria de energía necesaria para recargar un número determinado de vehículos (bicicletas), para lo cual se utilizaron datos de radiación solar en la ciudad de Loja, provenientes del proyecto Potencial Solar de la Región Sur del Ecuador realizado por la Universidad Nacional de Loja y de la estación meteorológica 50001 ubicada en el área de la Energía, Las Industrias y Los Recursos Naturales No Renovables del campus universitario.

El diseño del sistema fotovoltaico se basa en la estimación de la radiación solar promedio del mes más crítico, para asegurar que el sistema pueda abastecer la demanda energética. Se calcularon las pérdidas de energía por diversos factores y se obtuvo el rendimiento global del sistema siguiendo las normas NEC de energías renovables en su capítulo 14. Además, se determinó la potencia necesaria y el número de unidades generadoras (paneles solares). Para el almacenamiento de energía se escogió un banco de baterías de litio por su capacidad de soportar múltiples ciclos de carga y descarga. La profundidad de descarga recomendada por algunos autores es el 60%. Mediante el modelo matemático propuesto por (Schallenberg, 2008) se halló un ángulo óptimo de instalación de 6° , que también facilita el mantenimiento y la limpieza de los paneles.

La capacidad de la electrolinera se proyectó para abastecer una demanda media de 3000 Wh diarios, para proponer esta cantidad de energía se basó en un consumo medio de una bicicleta de 500 Wh a diferencia de otros proyectos (Chavarrea Cañizares & Mera Molina, 2018) de estaciones de recarga para bicicletas que considera una potencia de 250 W sin hacer un previo análisis del tipo de terreno donde va a ser instalada. La estación de recarga representa hasta una carga simultánea de 3 y 6 bicicletas en total al día, con potencias entre 250 a 500 W. Las unidades de almacenamiento están conectadas en paralelo de tal manera que la distribución de energía sea constante en las tres unidades de carga.

Se complementó el proyecto con la generación de planos 2D y la elaboración de un diseño en 3D con finalidad de poder identificar la correcta disposición de los componentes. Finalmente, la factibilidad y ubicación de las unidades de carga se determinó en función de varios factores que inciden favorablemente la utilización de las bicicletas eléctricas y mediante la disposición de las ciclovías con las que cuenta la ciudad de Loja, el procedimiento aplicado

para la selección del lugar óptimo es similar al estudio hecho por Chavarrea y Mera al diseñar un algoritmo para la distribución de electrolineras alimentadas por sistemas fotovoltaicos para recargar bicicletas eléctricas en la ciudad de Quito, determinando así los lugares estratégicamente atractivos por ponderación de varios factores claves para la implementación de estas electrolineras en la ciudad de Loja.

La estación de carga que se ha diseñado tiene un costo total de 14677.4 dólares americanos, debido a que se ha optado por usar baterías de la marca Victrum, que son de alta calidad y rendimiento, pero también de alto precio. Este costo es inferior al de otros proyectos similares, como el que realizaron Ana María Ortega, Juan Carlos González y Jennyfer Morales (Estudio de prefactibilidad de una estación de recarga para bicicletas eléctricas por medio de una estructura híbrida de paneles solares en la ciudad de Bogotá, 2016), que tuvo un costo total de 15951 USD. Sin embargo, hay que tener en cuenta que su proyecto pretende estar conectado a la red eléctrica, lo que implica mayores gastos de instalación y operación, pero también mayores ingresos por la venta de recargas de cada bici usuario.

Es técnicamente viable la electrolinera ya que se cuenta con los equipos tecnológicos y equipos de seguridad con la tecnología disponible en el mercado, tanto en la parte estructural y en la parte eléctrica y aunque en el mercado ya existen distintos tipos de cargadores solares para bicicletas eléctricas más económicos como es el caso de Sun King Solar con su producto Sun King Pro, el cual se trata de una estación de carga solar compacta que se puede transportar, sin embargo esto supondría gastos de traslado y periodo de vida corto por constante movimiento. Sin embargo, este sería otro punto a favor de la estación diseñada, ya que, por ser una estructura sólida y fija en un sitio determinado, su periodo de vida estaría asegurado con el oportuno mantenimiento.

8 Conclusiones

- Se determinó la demanda máxima de carga para la electrolinera. El sistema propuesto posee una capacidad de 3000 Wh de carga, esta demanda se obtuvo a partir de la potencia media (500 W) de las bicicletas más comercializadas, la electrolinera cuenta con 3 tomas de carga cada uno con una capacidad de 500 W.
- Se dimensionó el sistema fotovoltaico autónomo para abastecer la electrolinera. La demanda máxima considerada para el diseño son los 3000 Wh de carga descritos anteriormente, el diseño se consideró para 3 días de autonomía. El sistema fotovoltaico diseñado se conformó por 8 paneles solares JAP6 60 265-3BB/24V, 4 baterías de Litio LFP Smart 25.6/200, 1 inversor de corriente tipo Must PV3000 LMPK Series de 3000 W, 24V/120 y 1 regulador de carga Studer VT de 65 amperios.
- La implementación de la electrolinera en lugares adecuados dentro del casco urbano de la ciudad de Loja se determinó mediante la evaluación de varios factores: el primer factor fue ciclovías más concurridas y evaluadas por ciclistas de la ciudad, el segundo factor fue el estudio de sombras aplicado en el sitio según ángulo de orientación de los paneles y elementos o infraestructuras que obstaculizan produciendo pérdidas, el tercer factor es el sitio geográficamente estratégico, considerando barrios más alejados del casco urbano y finalmente se tomó en cuenta los lugares con disponibilidad de espacio tanto para la instalación de la electrolinera como para parqueo de las bicicletas, por tanto es factible en la parte técnica. Se ha planteado 5 lugares: Parque Bolívar, Parque Lineal La Tebaida, Redondel de la Universidad Nacional de Loja, Estadio Reina del Cisne y en el parque recreacional Jipiro.
- Para concluir, se opta por conectar el grupo fotovoltaico en cuatro ramas en paralelo conformadas por 2 paneles en serie, lo que facilita la carga rápida de las baterías y el buen desempeño del sistema ya que se ajusta con los valores de trabajo de los dispositivos seleccionados, aunque esta configuración implica un menor gasto en cables y protecciones. El costo total de inversión para la instalación de la estación de carga es de 14677.4 dólares americanos, que incluye los costos de equipos, materiales, estructuras y mano de obra. Se considera que el costo por mantenimiento preventivo es relativamente bajo.

9 Recomendaciones

- Se recomienda complementar el diseño con la alternativa de conexión a la red eléctrica mediante un medidor bidireccional, esto permitirá que se pueda abastecer a un número mayor de usuarios para el que fue diseñado la electrolinera, por el contrario, en caso de que haya disponibilidad de energía generada por el sistema fotovoltaico está sea inyectada a la red eléctrica.
- Al tratarse de un diseño piloto para implementarse en varios lugares se puede recomendar realizar un reajuste de diseño acorde a datos de radiación tomados en los lugares de implementación.
- También se puede considerar la implementación de cobro automático por concepto de la energía utilizada, de esta manera se podrá compensar el costo de construcción del proyecto.
- En caso de ser necesario el diseño del sistema de carga propuesto se puede implementar en otros lugares dentro de la ciudad de Loja, de esta manera se podrá brindar mayor cobertura a los usuarios de bicicletas eléctricas.
- Realizar un análisis de rentabilidad para determinar su factibilidad económica, ya que el presente proyecto no cuenta con algún sistema de cobro por servicio de recarga a cada usuario.

10 Bibliografía

- Álvarez, J. (2018, abril 20). *Más de 100 Walmart de EE. UU tendrán cargadores ultrarrápidos para coches eléctricos... Gracias al Dieselgate*. Motorpasión. <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/electrify-america-cargadores-walmart>
- Autosolar. (2022a). *Ficha técnica del Inversor Must PV3000 LMPK Series, de 24V/120*. <https://autosolar.co/inversores-cargadores-24v/inversor-cargador-3000w-24v-mppt-80a-must-solar>
- Autosolar. (2022b). *Kits bombeo para agua solar | Mueva su bomba con AutoSolar*. <https://autosolar.pe/kits-bombeo-agua-solar>
- Autosolar. (2022c). *La evolución de las baterías solares en el sector fotovoltaico*. <https://autosolar.es/baterias-placas-solares/el-futuro-verde-de-las-baterias-solares>
- Ballesteros, H. O. B., & Aristizabal, G. E. L. (2007). *Gases de efecto invernadero y el cambio climático*.
- Barros, H., & Ortega, L. (2018). *Análisis y diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera en la ciudad de Cuenca*. 157.
- BBVA. (2022). *Qué es una bicicleta eléctrica*. *BBVA NOTICIAS*. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-una-bicicleta-electrica-y-que-ventajas-tiene/>
- B.E. site. (2022). *NORMATIVA 2022 sobre bicicletas eléctricas. ¿Seguro, casco, luces?* <https://bicielectrica.site/normativas-bici-electrica/>
- ChmEnergía. (2022). *Chm Energía—Servicio de Energía Solar Fotovoltaica*. *Chm Energía*. <https://www.chmenergia.com/servicios-energeticos/energia-solar-fotovoltaica/>
- CREAR. (2020). *Equinocio*. <https://equinocciodede.com/solsticio-y-equinoccio-para-ninos/>
- Cruz, P., Calderón, J. S., & Infante, A. de la T. (2018). *Optimización de un prototipo de sistema fotovoltaico autónomo para iluminación de anuncios espectaculares*. *Undefined*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Optimizaci%C3%B3n-de-un-prototipo-de-sistema-aut%C3%B3nomo-de-Cruz-Calder%C3%B3n/1ae45b71c709e1a7f4f91591473df90d1dfa52cb>

- Diplakiz, W. (2020). *¿Qué es el efecto fotoeléctrico? - Ondas y Partículas*.
<https://ondasyparticulas.com/2020/03/07/que-es-el-efecto-fotoelectronico/>
- enel. (2022). *¿Qué es una estación de carga o electrolinera?*
<https://enel.pe/content/enel-pe/es/megamenu/sostenibilidad/que-es-una-estacion-de-carga-o-electrolinera.html>
- Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción. (2011). *Norma ecuatoriana de la construcción NEC-11 (capítulo energías renovables)*.
- Fernandez, F. (12 de Enero de 2022). *Reguladordecarga.net*. Obtenido de
<https://reguladordecarga.net/>
- Galarza, L. M. (2017). *INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO TIPO 2, DE 20kW DE POTENCIA EN EL CEIP LAS DELICIAS*. INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ENERGÍAS RENOVABLES S.A., España.
- Galaxy Bike. (2023). *VéloGalaxie*. Obtenido de
<https://www.velogalaxie.com/es/producto/enchufes-externos-velec-vae/>
- GOOGLE. (2023). *Googlemaps*.
- Hernandez, G. R. (2017). ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA LIMPIA MEDIANTE CELDAS FOTOVOLTAICAS PARA LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DEL EDIFICIO 4 EN EL ITSLV. *TESIS DE GRADO DE MAESTRO EN MANUFACTURA AVANZADA*. CIATEQ, MÉXICO. Obtenido de
<https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/97/1/HernandezGallegosRodolfo%20MMANAV%202017.pdf>
- Jaramillo Sangurima, W. E. (2016). *Sindicato Provincial Choferes de Loja*. Loja: Imprenta Master Offset.
- Loja, M. d. (2021). *Ordenanza*.
- Martínez, R. A. (19 de Marzo de 2021). *KeeUISOLAR*. Obtenido de
<https://keeui.com/2021/03/19/helioscope-herramienta-para-sistemas-fotovoltaicos/>

- Ortega Cañizares, A. M., Gonzáles Gereda, J. C., & Morales Bohórquez, J. V. (2016). *Estudio de prefactibilidad de una estación de recarga para bicicletas eléctricas por medio de una estructura híbrida de paneles soales en la ciudad de Bogotá*. Bogotá.
- Perpiñan Lamigueiro, O., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. A. (2012). *Diseño de Sistemas Fotovoltaicos* (Vol. 1.22). Sevilla: J,de Haro Artes Graficas, S,L.
- Rodríguez Gaona, M. D. (2019). *Movilidad urbana sostenible, estudio de la red de ciclovías de Loja*. Loja.
- Roger L. Tokheim, M. S. (s.f.). *TEORÍA Y PROBLEMAS DE PRINCIPIOS DIGITALES*.
- Schallenberg, R. c. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia Energética*. Santa Cruz de Tenerife, España: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. doi:978-84-69093-86-3
- Selectra. (7 de Febrero de 2022). *Tarifagasluz*. Obtenido de <https://tarifagasluz.com/autoconsumo/componentes/regulador-solar>
- Tecnoverde.cel. (s.f.). *Tecnoverde.cel*. Obtenido de <http://tecnoverde.cl/4-2-1-sistema-fotovoltaico-conectado-a-la-red/>
- Tecnoverde.cl*. (2023). Obtenido de <http://tecnoverde.cl/4-2-1-sistema-fotovoltaico-conectado-a-la-red/>
- UNL. (2023). *Meteorología UNL*. Obtenido de <https://unlmeteorologico.com/estacion-unl-facultad-de-energia/>
- wikiloc. (2023). Obtenido de <https://es.wikiloc.com/rutas/ciclismo/ecuador/loja>

11 Anexos

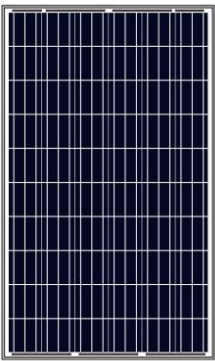
Anexo 1. Ficha técnica de paneles solares policristalinos JAP 60/245-265/3BB

JAP6

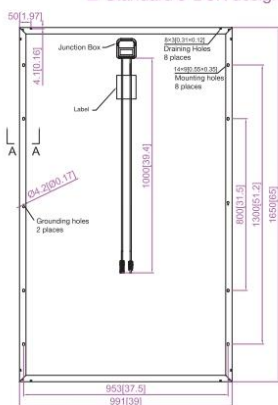
60/245-265/3BB

JA SOLAR

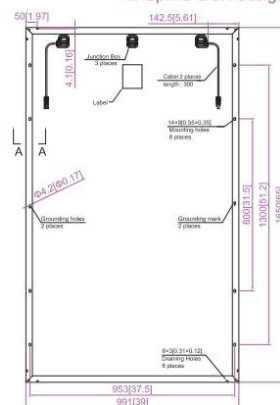
Engineering Drawings



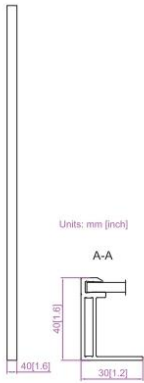
■ Standard J-BOX design



■ Split J-BOX design



Units: mm [inch]



■ customized cable length available upon request

MECHANICAL PARAMETERS

Cell (mm)	Poly 156x156
Weight (kg)	18.2 (approx)
Dimensions (LxWxH) (mm)	1650x991x40
Cable Cross Section Size (mm ²)	4
No. of Cells and Connections	60 (6x10)
Junction Box	IP67, 3 diodes
Connector	MC4 Compatible
Packaging Configuration	26 Per Pallet

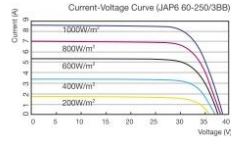
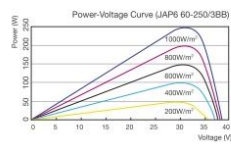
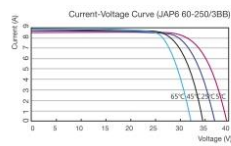
WORKING CONDITIONS

Maximum System Voltage	DC 1000V (IEC)
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum Series Fuse	15A
Maximum Static Load, Front (e.g., snow and wind)	5400Pa (112 lb/ft ²)
Maximum Static Load, Back (e.g., wind)	2400Pa (50 lb/ft ²)
NOCT	45±2°C
Application Class	Class A

ELECTRICAL PARAMETERS

TYPE	JAP6 60-245/3BB	JAP6 60-250/3BB	JAP6 60-255/3BB	JAP6 60-260/3BB	JAP6 60-265/3BB
Rated Maximum Power at STC (W)	245	250	255	260	265
Open Circuit Voltage (Voc/V)	37.50	37.66	37.82	37.98	38.14
Maximum Power Voltage (Vmp/V)	29.59	29.94	30.29	30.63	30.96
Short Circuit Current (Isc/A)	8.86	8.92	8.98	9.04	9.10
Maximum Power Current (Imp/A)	8.28	8.35	8.42	8.49	8.56
Module Efficiency [%]	14.98	15.29	15.59	15.90	16.21
Power Tolerance (W)	-0 ~ +5W				
Temperature Coefficient of Isc (dIsc)	+0.058%/°C				
Temperature Coefficient of Voc (βVoc)	-0.330%/°C				
Temperature Coefficient of Pmax (γPmp)	-0.430%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m ² , Module Temperature 25°C, Air Mass 1.5				

I-V CURVE

NOCT

TYPE	JAP6 60-245/3BB	JAP6 60-250/3BB	JAP6 60-255/3BB	JAP6 60-260/3BB	JAP6 60-265/3BB
Max Power (Pmax) [W]	177.87	181.50	185.13	188.76	192.39
Open Circuit Voltage (Voc) [V]	34.48	34.61	34.68	34.76	34.87
Max Power Voltage (Vmp) [V]	27.20	27.42	27.71	28.05	28.42
Short Circuit Current (Isc) [A]	7.03	7.13	7.18	7.21	7.24
Max Power Current (Imp) [A]	6.54	6.62	6.68	6.73	6.77
Condition	Under Normal Operating Cell Temperature, Irradiance of 800 W/m ² , spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s				

Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

JA Solar 02.2014

JAP6

60/245-265/3BB

MULTICRYSTALLINE SILICON MODULE



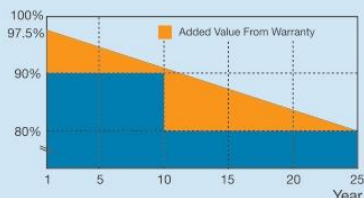
JA Solar Holdings Co., Ltd.

JA Solar Holdings Co., Ltd. is a world-leading manufacturer of high-performance photovoltaic products that convert sunlight into electricity for residential, commercial, and utility-scale power generation. The company was founded on May 18, 2005, and was publicly listed on NASDAQ on February 7, 2007. JA Solar is one of the world's largest producers of solar cells and modules. Its standard and high-efficiency product offerings are among the most powerful and cost-effective in the industry.

Address: NO.36, Jiang Chang San Road, Zhabei, Shanghai 200436, China
 Tel: +86 21 6095 5888 / +86 21 6095 5999
 Fax: +86 21 6095 5858 / +86 21 6095 5959
 Email: sales@jasolar.com market@jasolar.com

Superior Warranty

- 10-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



www.jasolar.com

Key Features



Multicrystalline modules designed for residential commercial and utility applications, rooftop or ground mount



High output, 16.21% highest conversion efficiency



Designed for IEC DC 1000V applications



Anti-reflective and anti-soiling surface reduces power loss from dirt and dust



Outstanding performance in low-light irradiance environments



Excellent mechanical load resistance: Certified to withstand high wind loads (2400Pa) and snow loads (5400Pa)



High salt and ammonia resistance certified by TÜV NORD

Reliable Quality

- Positive power tolerance: 0~+5W
- 100% EL double-inspection ensures modules are defects free
- Modules binned by current to improve system performance
- Potential Induced Degradation (PID) Resistant

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL1703, CEC Listed, MCS and CE
- ISO 9001: 2008: Quality management systems
- ISO 14001: 2004: Environmental management systems
- BS OHSAS 18001: 2007: Occupational health and safety management systems
- Environmental policy: The first solar company in China to complete Intertek's carbon footprint evaluation program and receive green leaf mark verification for our products



Specifications subject to technical changes and tests. JA Solar reserves the right of final interpretation.

Anexo 2. Ficha técnica de Batería de Litio LFP Smart 200Ah



Baterías de fosfato de hierro y litio de 12,8V & 25,6V Smart Con Bluetooth

www.victronenergy.com

¿Por qué fosfato de hierro y litio?

Las baterías de fosfato de hierro y litio (LiFePO4 o LFP), son las baterías tradicionales de Li-Ion más seguras. La tensión nominal de una celda de LFP es de 3,2V (plomo-ácido: 2V/celda). Una batería LFP de 12,8V, por lo tanto, consiste de 4 celdas conectadas en serie; y una batería de 25,6V consiste de 8 celdas conectadas en serie.

Robusta

Una batería de plomo-ácido fallará prematuramente debido a la sulfatación si:

- funciona en modo de déficit durante largos periodos de tiempo (esto es, si la batería raramente o nunca está completamente cargada).
- se deja parcialmente cargada o, peor aún, completamente descargada (yates o caravanas durante el invierno).

Una batería LFP no necesita estar completamente cargada. Su vida útil incluso mejorará en caso de que esté parcialmente en vez de completamente cargada. Esta es una ventaja decisiva de las LFP en comparación con las de plomo-ácido. Otras ventajas son el amplio rango de temperaturas de trabajo, excelente rendimiento cíclico, baja resistencia interna y alta eficiencia (ver más abajo).

La composición química de las LFP es la elección adecuada para aplicaciones muy exigentes.

Eficiente

En varias aplicaciones (especialmente aplicaciones no conectadas a la red, solares y/o eólicas), la eficiencia energética puede llegar a ser de crucial importancia.

La eficiencia energética del ciclo completo (descarga de 100% a 0% y vuelta a cargar al 100%) de una batería de ácido y plomo normal es del 80%.

La eficiencia energética del ciclo completo de una batería LFP es del 92%.

El proceso de carga de las baterías de plomo-ácido se vuelve particularmente ineficiente cuando se alcanza el estado de carga del 80%, que resulta en eficiencias del 50% o incluso inferiores en sistemas solares en los que se necesitan reservas para varios días (baterías funcionando entre el 70% y el 100% de carga).

Por el contrario, una batería LFP seguirá logrando una eficiencia del 90% en condiciones de descarga leve.

Tamaño y peso

Ahorra hasta un 70% de espacio

Ahorra hasta un 70% de peso

¿Costosa?

Las baterías LFP son caras en comparación con las de plomo-ácido. Pero si se usan en aplicaciones exigentes, el alto coste inicial se verá más que compensado por una vida útil mayor, una fiabilidad superior y una excelente eficiencia.

Bluetooth

Mediante Bluetooth se pueden supervisar tensiones de celda, temperaturas y estados de alarmas.

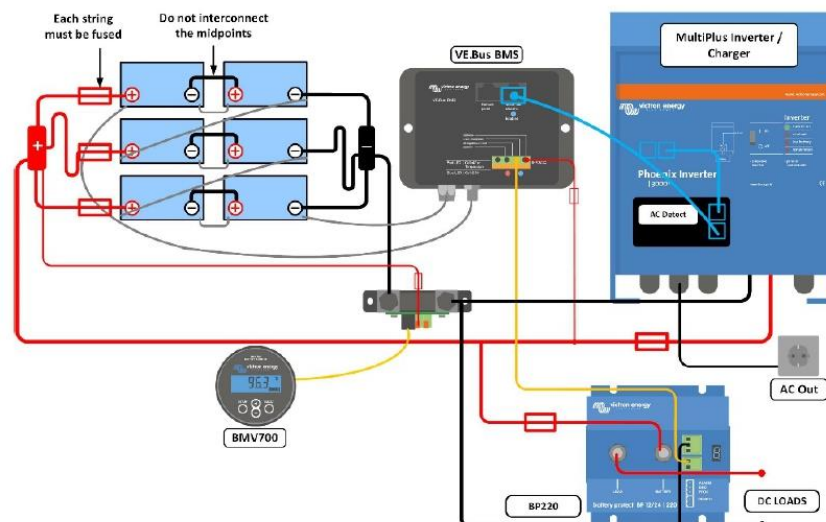
Muy útil para localizar un (posible) problema, como un desequilibrio de celdas.



Batería LiFePO4 de 12,8V 300Ah



Li-ion app



Nuestras baterías LFP disponen de equilibrado y control de celdas integrados. Se pueden instalar hasta 5 baterías en paralelo y hasta cuatro baterías de 12V o dos de 24V en serie, de manera que se puede configurar un banco de baterías de 48V y de hasta 1500Ah. Los cables de equilibrado/control de celdas pueden conectarse en cadena y deben conectarse a un Sistema de gestión de baterías (BMS).

Sistema de gestión de baterías (BMS)

El BMS se conecta al BTV y sus funciones esenciales son:

1. Puede generar una prealarma siempre que la tensión de una celda de la batería caiga por debajo de 3,1 V (regulable entre 2,85 V y 3,15 V).
2. Desconectar o apagar la carga cuando la tensión de una celda de la batería caiga por debajo de 2,8 V (regulable entre 2,6 V y 2,8 V).
3. Detener el proceso de carga cuando la tensión de una celda de la batería sube por encima de 4,2V.
4. Apagar el sistema cada vez que la temperatura de una celda exceda los 50°C.

Consulte las hojas de datos de BMS para conocer más características.

Especificaciones de la batería							
TENSIÓN Y CAPACIDAD	LFP-Smart 12,8/50	LFP-Smart 12,8/60	LFP-Smart 12,8/100	LFP-Smart 12,8/160	LFP-Smart 12,8/200	LFP-Smart 12,8/300	LFP-Smart 25,6/200
Tensión nominal	12,8V	12,8V	12,8V	12,8V	12,8V	12,8V	25,6V
Capacidad nominal a 25°C*	50Ah	60Ah	100Ah	160Ah	200Ah	300Ah	200Ah
Capacidad nominal a 0°C*	40Ah	48Ah	80Ah	130Ah	160Ah	240Ah	160Ah
Capacidad nominal a -20°C*	25Ah	30Ah	50Ah	80Ah	100Ah	150Ah	100Ah
Capacidad nominal a 25°C*	640Wh	768Wh	1280Wh	2048Wh	2560Wh	3840Wh	5120Wh
*Corriente de descarga ≤1C							
CANTIDAD DE CICLOS (capacidad ≥ 80% del valor nominal)							
80% de descarga	2500 ciclos						
70% de descarga	3000 ciclos						
50% de descarga	5000 ciclos						
DESCARGA							
Corriente de descarga máxima recomendada	100A	120A	200A	320A	400A	600A	400A
Corriente de descarga continua recomendada	≤50A	≤60A	≤100A	≤160A	≤200A	≤300A	≤200A
Tensión de final de descarga	11,2V	11,2V	11,2V	11,2V	11,2V	11,2V	22,4V
CONDICIONES DE TRABAJO							
Temperatura de trabajo	Descarga: -20°C a +50°C Carga: +5°C a +50°C						
Temperatura de almacenamiento	-45°C – +70°C						
Humedad (sin condensación):	Max. 95%						
Clase de protección	IP 22						
CARGA							
Tensión de carga	Entre 14V/28V y 14,4V/28,8V (se recomienda 14,2V/28,4V)						
Tensión de flotación	13,5V/27V						
Corriente máxima de carga	100A	120A	200A	320A	400A	600A	400A
Corriente de carga recomendada	≤30A	≤30A	≤50A	≤80A	≤100A	≤150A	≤100A
OTROS							
Tiempo máx. de almacenamiento @ 25 °C*	1 año						
Conexión con el BMS.	Cable macho + hembra con conector circular M8, 50 cm de longitud						
Conexión eléctrica (inserciones roscadas)	M8	M8	M8	M8	M8	M10	M8
Dimensiones (al x an x p) mm	199 x 188 x 147	239 x 286 x 132	197 x 321 x 152	237 x 321 x 152	237 x 321 x 152	347 x 425 x 274	317 x 631 x 208
Peso	7kg	12kg	15kg	20kg	22kg	51kg	56kg
*Completamente cargada							

Anexo 3. Ficha técnica de inversores PV3000 LMPK Series (1 kW-6 kW)

Low Frequency Power Inverter/Charger

PV3000 LMPK Series (1KW-6KW)



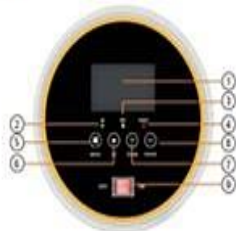
Features

- Pure sine wave output
- Friendly user interface
- 3 Steps charging
- MFD (multi-function display)
- Overload and short-circuit protection
- Set charging voltage/charging current.
- Battery low voltage shutdown point can be set to 10/10.5/11V
- Power-save mode
- Set utility priority/ Battery priority
- Set utility input wide/narrow range
- Inverter voltage can be set to 120V/110V/115V/120V/220V/220V/230V/240V
- Inverter frequency can be set to 50/60Hz
- Set utility charging on/off switch
- 80A MPPT charger

Introduction

PV3000 LVHM series is very economical pure sine wave inverter, AC charger inbuilt, from 20A to 60A; Solar/AC priority is configurable, when setting solar priority, solar will charge batteries as first priority, and AC can also charge batteries when solar charger current too lower, in this way system charge is optimized best. It enables inverter to operate with all kinds of home appliances.

Back panel printing description



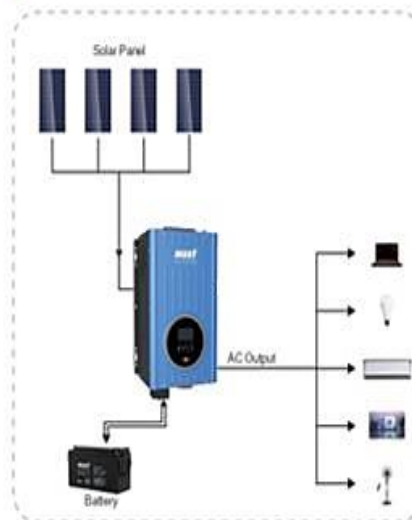
1. LCD display
2. AC LED
3. INV LED
4. Fault
5. Menu
6. UP
7. Down
8. Enter
9. Switch ON/OFF



1. BAT -
2. BAT +
3. USB
4. Remote port
5. FAN
6. Charger input protect
7. Inverter output protect
8. GND
9. AC input
- 10 AC output
- 11 AGS
- 12 BTS
- 13 AC Output 10A(MAX)
- 14 PV input



Solar system connection



Specification

MODEL		PV30-1KW LMPK		PV30-1.5KW LMPK		PV30-2KW LMPK		PV30-3KW LMPK		PV30-4KW LMPK		PV30-5KW LMPK		PV30-6KW LMPK		
Nominal Battery System Voltage		12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	24VDC	48VDC	24VDC	48VDC	48VDC	48VDC			
INVERTER OUTPUT	Rated Power	1 KW		1.5 KW		2 KW		3 KW		4 KW		5 KW		6 KW		
	Surge Rating(20ms)	3 KW		4.5 KW		6 KW		9 KW		12 KW		15 KW		18 KW		
	Capable Of Starting Electric Motor	1HP		1HP		1HP		2HP		2HP		3HP		3HP		
	Waveform	Pure sine wave \ same as input (bypass mode)														
	Nominal Output Voltage RMS	110V \ 115V \ 120VAC(±10% RMS)														
	Output Frequency	50Hz \ 60Hz ±0.3Hz														
	Inverter Efficiency (Peak)	>88%														
	Line Mode Efficiency	>95%														
	Power Factor	1.0														
Typical Transfer Time	10ms(max)															
AC INPUT	Voltage	230VAC														
	Selectable Voltage Range	95~135VAC (For personal computers)														
	Frequency Range	50Hz \ 60Hz(Auto sensing) 40~80Hz														
BATTERY	Minimum Start Voltage	10.5VDC \ 11VDC for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)														
	Low Battery Alarm	11VDC ±0.3V for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)														
	Low Battery Cut Off	10.5VDC ±0.3V for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)														
	High Voltage Alarm	16.0VDC ±0.3V for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)														
	High Battery Voltage Recover	15.5VDC ±0.3V for 12VDC mode														
	Idle Consumption-Search Mode	<25W when power saver on														
CHARGER	Output Voltage	Depends on battery type														
	Charge AC Input Breaker Rating	120V	1K\12A		1.5K\16A		2K\30A		3K\40A		4-6K\NC					
		230V	1-1.5K\10A				2-3K\30A				4-6K\40A					
	Overcharge Protection S.D.	15.7VDC for 12VDC mode (*2 for 24VDC mode, *4 for 48VDC mode)														
Maximum Charge Current	30A	20A	45A	25A	60A	30A	40A	20A	60A	30A	35A	40A				
BYPASS & PROTECTION	Input Voltage Waveform	Sine wave (grid or generator)														
	Nominal Input Frequency	50Hz or 60Hz														
	Overload Protection (SMPS Load)	Circuit breaker														
	Output Short Circuit Protection	Circuit breaker														
	Bypass Breaker Rating	230V	1-3K\30A										4-6K\40A			
		120V	1K\16A		1.5K\20A		2K\30A		3K\40A		4-6K\63A					
Max Bypass Current	30Amp															
SOLAR CHARGER	Maximum PV Array Power	1250W	2500W	1250W	2500W	1250W	2500W	2500W	5000W	2500W	5000W	5000W	5000W			
	Maximum PV Charge Current	80A±4A														
	DC Voltage	12V \ 24V auto work										24V \ 48V auto work				
	MPPT Range @ Operating Voltage	16~100VDC @ 12V/32~145VDC @ 24V										32~145VDC @ 24V/64~145VDC @ 48V				
	Maximum PV Array Open Circuit Voltage	145VDC														
	Standby Power Consumption	<2W														
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Mounting	Wall Mount														
	Dimensions (W*H*D)	423*247*197mm										597*247*197mm				
	Net Weight (Solar CHG)(kg)	17.2	17.7	21.8	20.7	25.2	25.5	38.9	36.5	45.7	45.9					
	Shipping Dimensions (W*H*D)	585*387*322mm										758*387*322mm				
	Shipping Weight (Solar CHG)(kg)	20	20.7	24.8	23.5	28.2	28.2	43	40.7	50	50					
OTHER	Operation Temperature Range	0°C to 40°C														
	Storage Temperature	-15°C to 60°C														
	Audible Noise	60dB MAX														
	Display	LED+LCD														
	Standard Warranty	1 year														

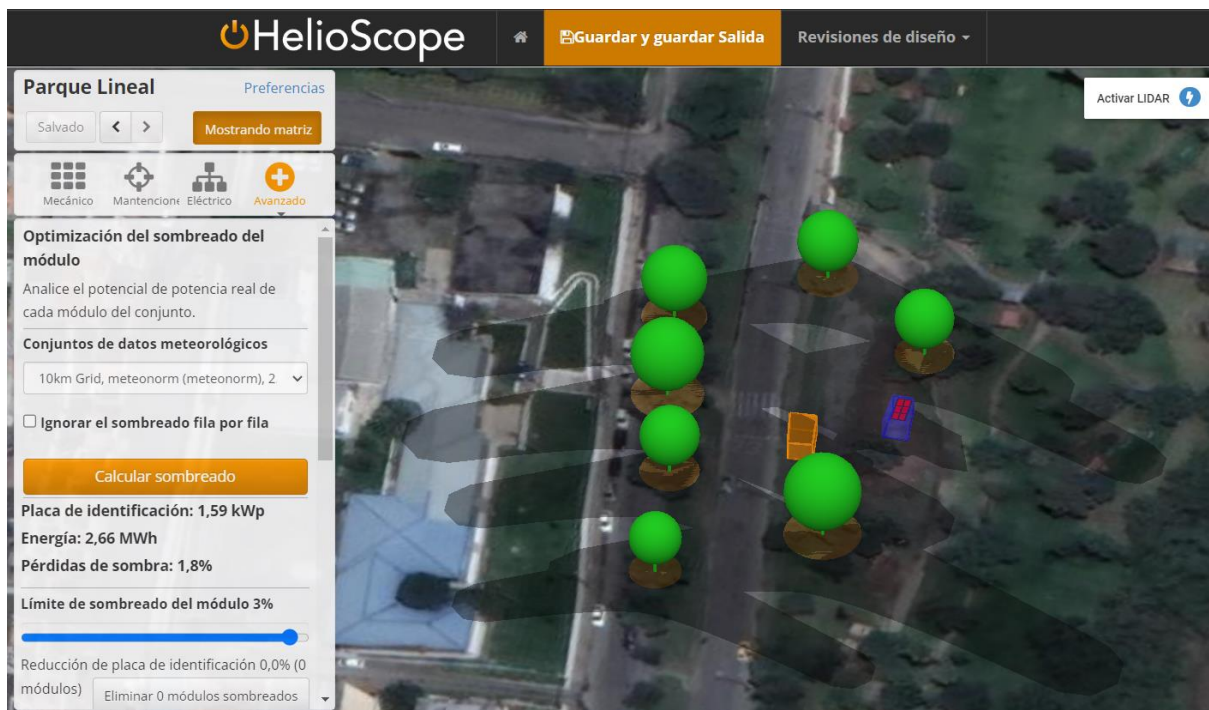
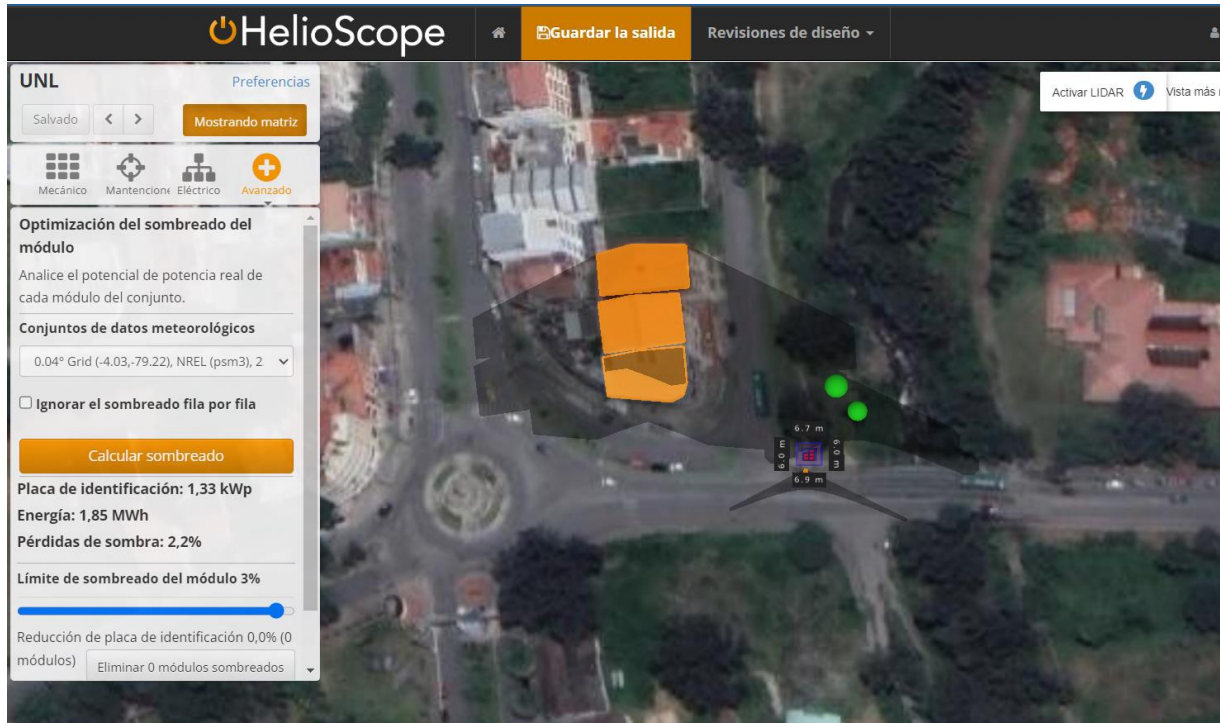
Anexo 4. Ficha técnica de controladores de carga Studer TS_65 y VT_80

VarioTrack Series



Model	VT-65			VT-80		
Electrical characteristics PV array side						
At nominal battery voltage	12 V	24 V	48 V	12 V	24 V	48 V
Maximum solar power recommended (@STC)	1000 W	2000 W	4000 W	1250 W	2500 W	5000 W
Maximum solar open circuit voltage	75 V	150 V		75 V	150 V	
Maximum solar functional circuit voltage	75 V	145 V		75 V	145 V	
Minimum solar functional circuit voltage	Above battery voltage					
Electrical characteristics battery side						
Maximum output current	65 A			80 A		
Nominal battery voltages	Automatic / manual set to 12, 24 or 48 V					
Operating voltage range	7 - 68 V					
Performances of the device						
Power conversion efficiency (in a 48 V typical-system)	> 99 %					
Maximum stand-by self-consumption (48 V)	25 mA > 1.2 W					
Maximum stand-by self-consumption (24 V)	30 mA > 0.8 W					
Maximum stand-by self-consumption (12 V)	35 mA > 0.5 W					
Charging stages	4 stages: Bulk, Absorption, Float, Equalization					
Battery temperature compensation (available with accessory BTS-01)	-3 mV / °C /cell (25°C ref) default value adjustable -8 to 0 mV / °C					
Electronic protections						
PV reverse polarity	Up to -150 V					
Battery reverse polarity	Up to -150 V					
Battery overvoltage	Up to 150 V					
Over temperature	Protected					
Reverse current at night	Prevented by relays					
Environment						
Operating ambient temperature range	-20 to 55°C					
Humidity	100 %					
Ingress protection of enclosures	IP54, IEC/EN 60529:2001					
Mounting location	indoor					
General data						
Warranty	5 years					
ISO Certification	9001:2008 / 14001:2004					
Weight	5.2 kg			5.5 kg		
Dimensions h/w/l [mm]	120 / 220 / 310			120 / 220 / 350		
Parallel operation (separated PV arrays)	Up to 15 devices					
Max wire size	35 mm ²					
Glands	M 20 x 1,5					
Communication						
Network cabling	STUDER communication BUS					
Remote control & Communication	RCC-02/03, Xcom-232i / Xcom-LAN / Xcom-GSM / Xcom-SMS					
Menu languages	English / French / German / Spanish					
Data logging	With RCC-02/03, Xcom-232i on SD card · One point every minute					
Accordance to standards						
EU declaration of conformity	Low Voltage Directive (LVD) 2014/35/EU: - EN 50178:1997 Electromagnetic Compliance (EMC) Directive 2014/30/EU: - EN 61000-6-2:2005, - EN 61000-6-4:2007/A1:2011					
Accessories						
Remote control RCC-02 or RCC-03	•			•		
Module Xcom-232i	•			•		
Communication sets Xcom-LAN / Xcom-GSM / Xcom-SMS	•			•		
Battery Status Processor BSP	•			•		
2 aux. contacts module ARM-02	•			•		
Cooling Module ECF-01	•			Included		
Battery temp. sensor BTS-01 (3 m)	•			•		
Communication cable CAB-RJ45-8-2	•			•		

Anexo 5. Captura de la simulación en la herramienta HelioScope de las pérdidas por sombras de objetos cercanos al grupo fotovoltaico en los sitios propuestos.



HelioScope Save & Exit Design Revisions

Estadio Reyna del Cis... Preferencias

Saved < > Showing Array

Mechanical Keepouts Electrical Advanced

Module Shading Optimization
Analyze the actual power potential for every module in the array.

Weather Datasets
0.04° Grid (-3.99,-79.18), NREL (psm3), 2

Ignore row-to-row shading

Calculate Shading

Nameplate: 1.59 kWp
Energy: 2.12 MWh
Shade Losses: 4.1%

Module Shading Cutoff 6%

Nameplate Reduction 0.0% (0 modules)
Remove 0 Shaded Modules

Turn LIDAR On

HelioScope Guardar la salida Revisiones de diseño

Parque Bolívar Preferencias

Salvado < > Mostrando matriz

Mecánico Mantenimiento Eléctrico Avanzado

Optimización del sombreado del módulo
Analice el potencial de potencia real de cada módulo del conjunto.

Conjuntos de datos meteorológicos
0.04° Grid (-3.99,-79.22), NREL (psm3), 1

Ignorar el sombreado fila por fila

Calcular sombreado

Placa de identificación: 1,59 kWp
Energía: 2,11 MWh
Pérdidas de sombra: 5,5%

Límite de sombreado del módulo 7%

Reducción de placa de identificación 0,0% (0 módulos)
Eliminar 0 módulos sombreados

Ac

HelioScope Save & Exit Design Revisions

Jipiro Preferences

Saved < > Showing Array

Mechanical Keepouts Electrical Advanced

Module Shading Optimization
Analyze the actual power potential for every module in the array.

Weather Datasets
0.04° Grid (-3.99,-79.22), NREL (psm3), 2

Ignore row-to-row shading

Calculate Shading

Nameplate: 1.59 kWp
Energy: 2.19 MWh
Shade Losses: 1.8%

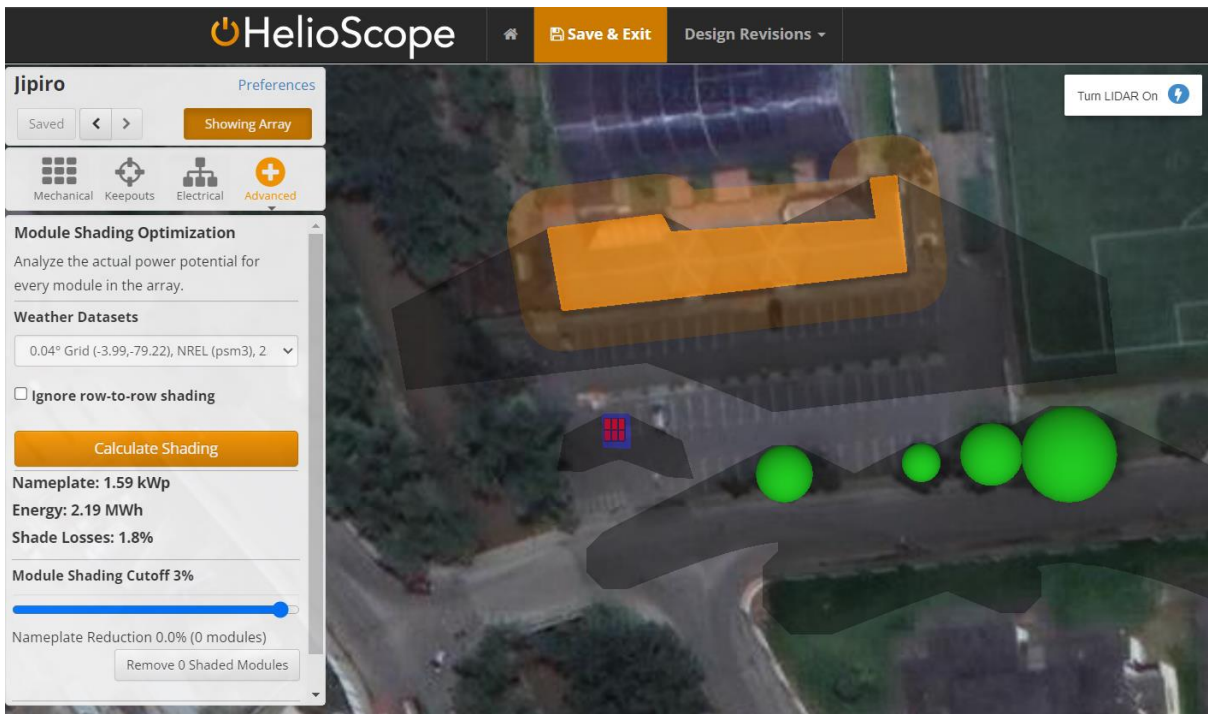
Module Shading Cutoff 3%

—————

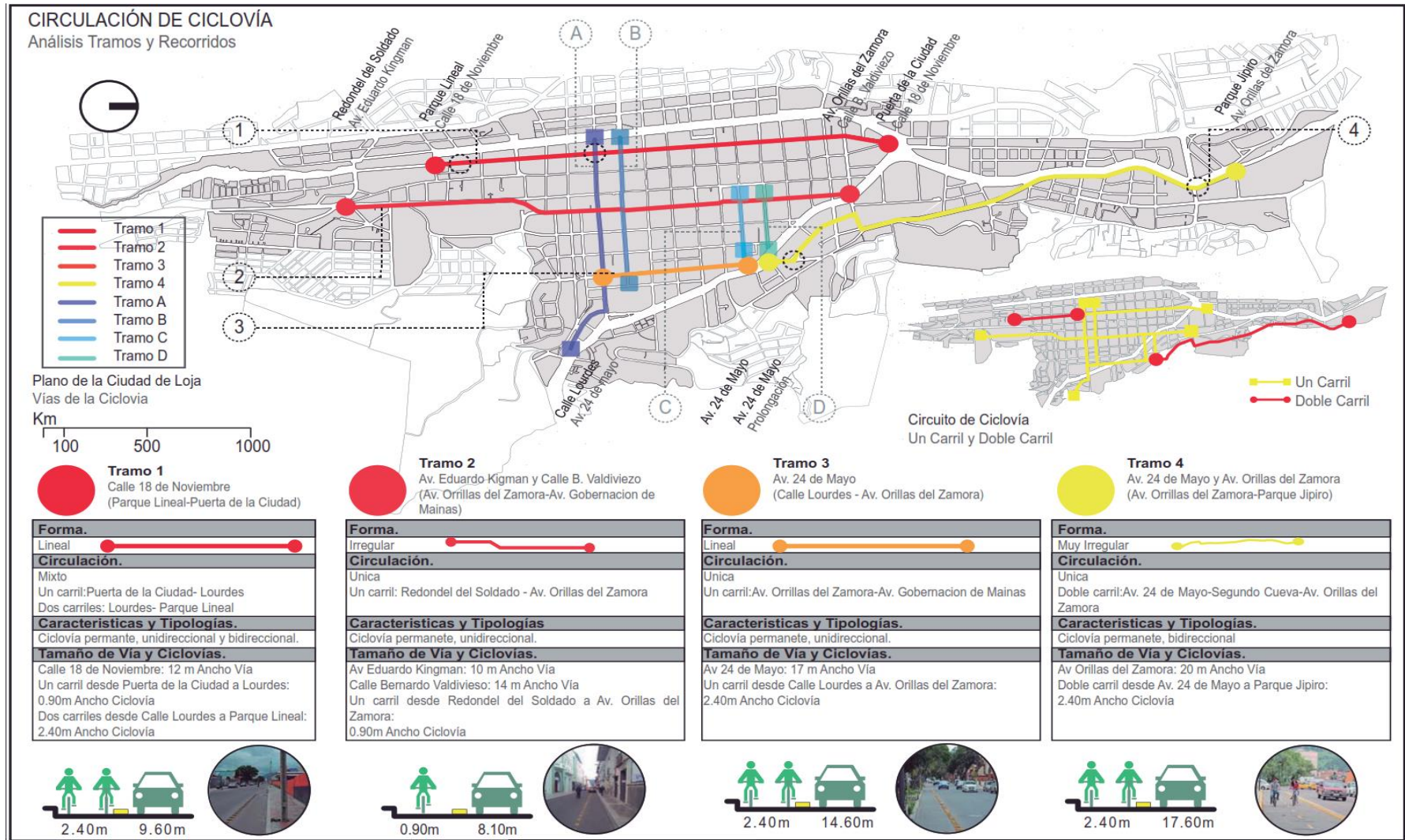
Nameplate Reduction 0.0% (0 modules)

Remove 0 Shaded Modules

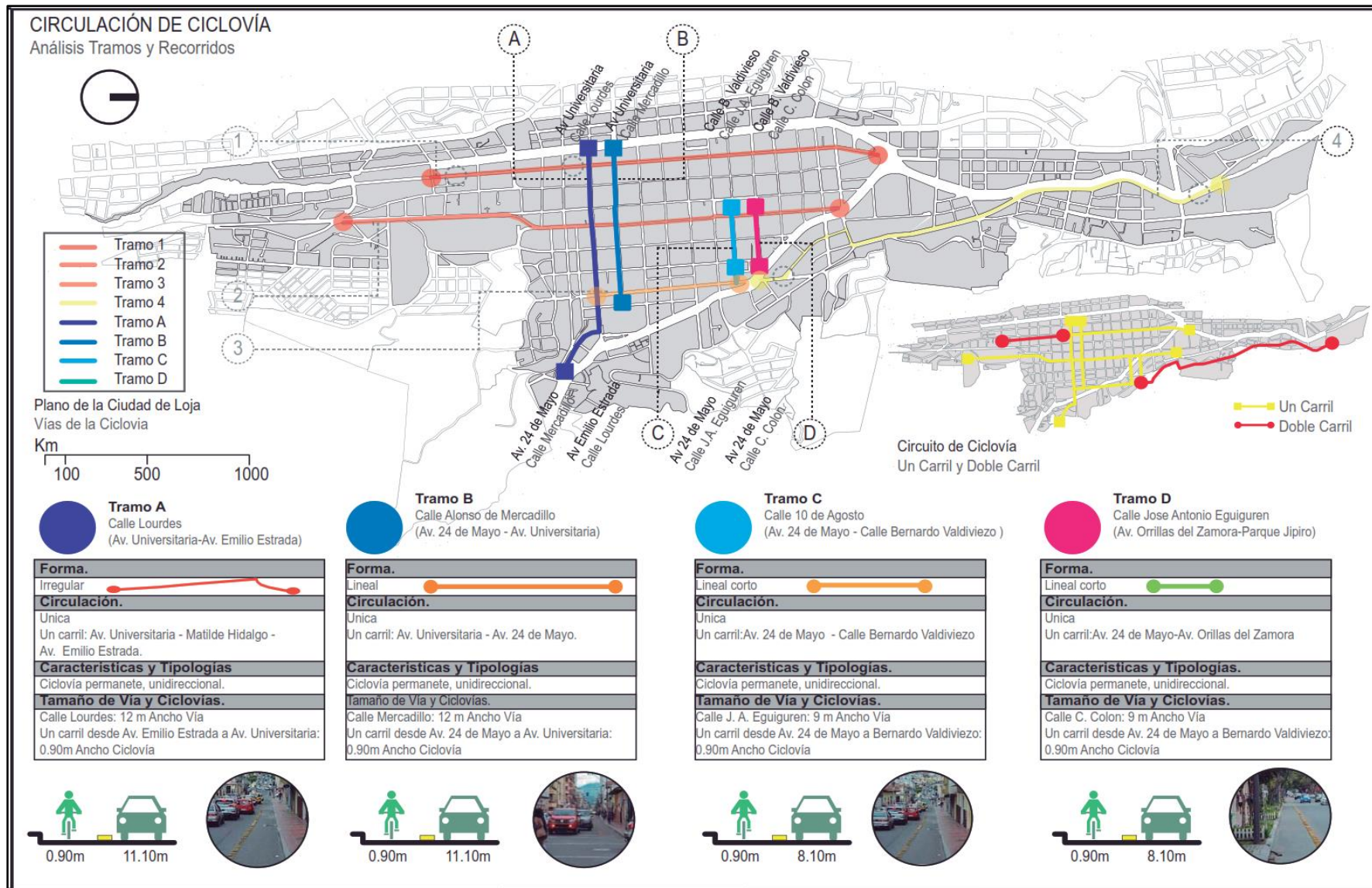
Turn LIDAR On



Anexo 6. Mapa de las ciclovías de Loja.



Fuente: (Rodríguez Gaona, 2019)



Fuente: (Rodríguez Gaona, 2019)

Anexo 7. Certificación de traducción del resumen.

CERTIFICACIÓN

Loja, (6) de febrero de 2024

Licenciada

Sara Janeth Espinosa Guzmán

Docente del Ministerio de Educación

En mi calidad de Licenciada en Pedagogía de Idioma Inglés con capacidades que pueden ser probadas a través de la certificación de conocimiento del Inglés, nivel B2, he realizado la traducción del resumen del trabajo de tesis denominado: **“Factibilidad del sistema fotovoltaico para suministrar energía a una estación de carga de bicicletas eléctricas en la ciudad de Loja”** perteneciente al estudiante **Jaime Sebastián Valarezo Borrero** con C.I. **1103859110**

Es en cuento puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado señor estudiante: **Jaime Sebastián Valarezo Borrero**, hacer uso legal del presente según estime conveniente.

Atentamente,

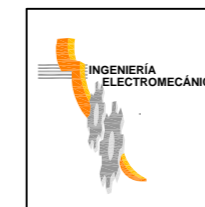
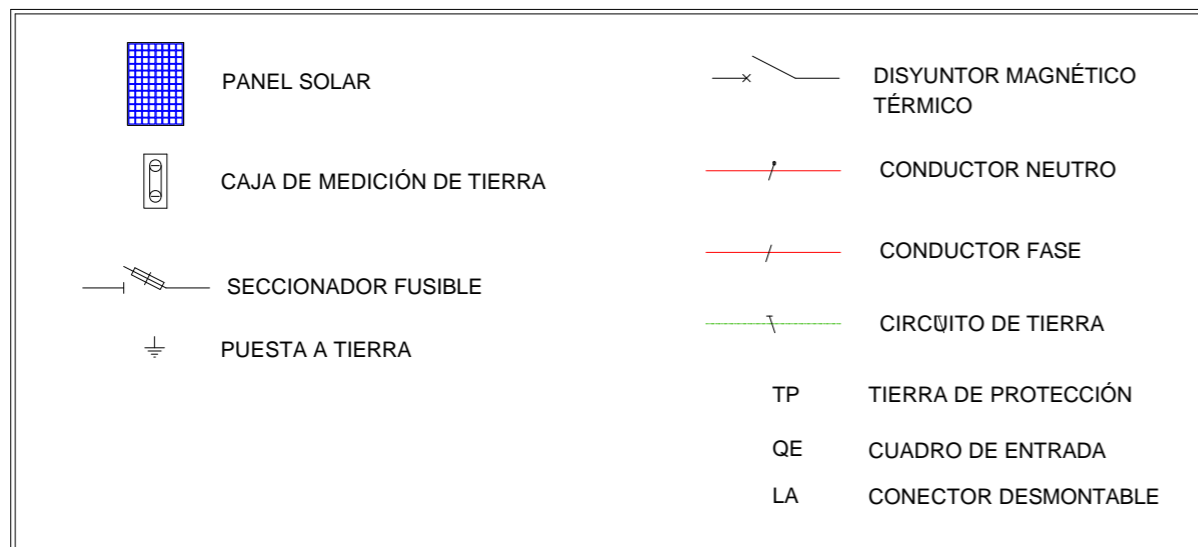
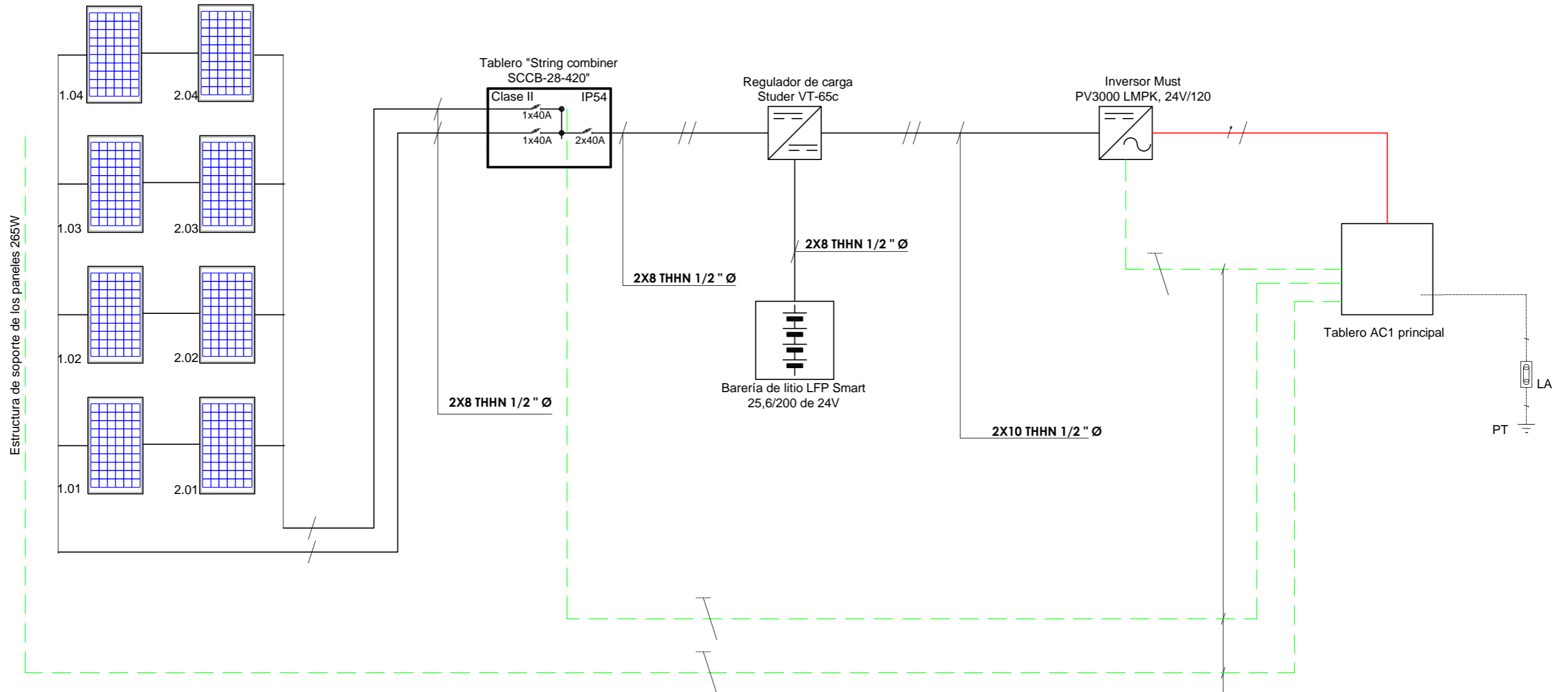


Sara Espinosa Guzmán
Docente del Ministerio de Educación
Nro registro Senecyt 1031-2022-2416269

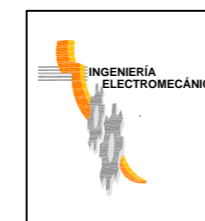
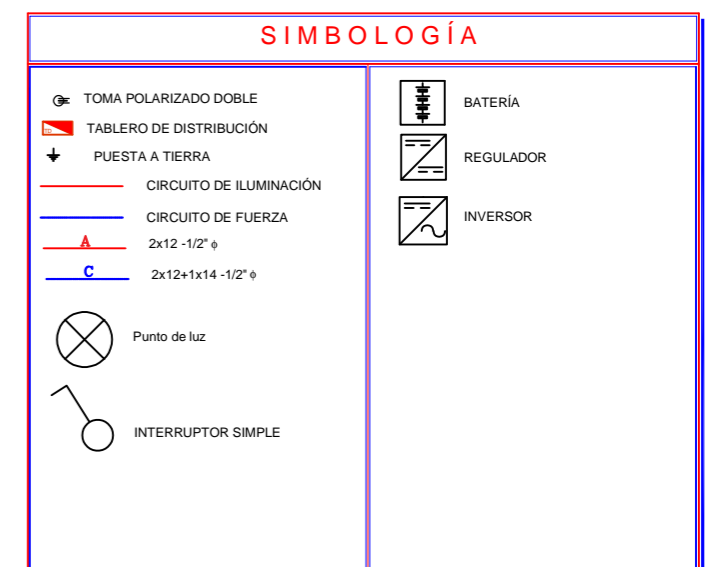
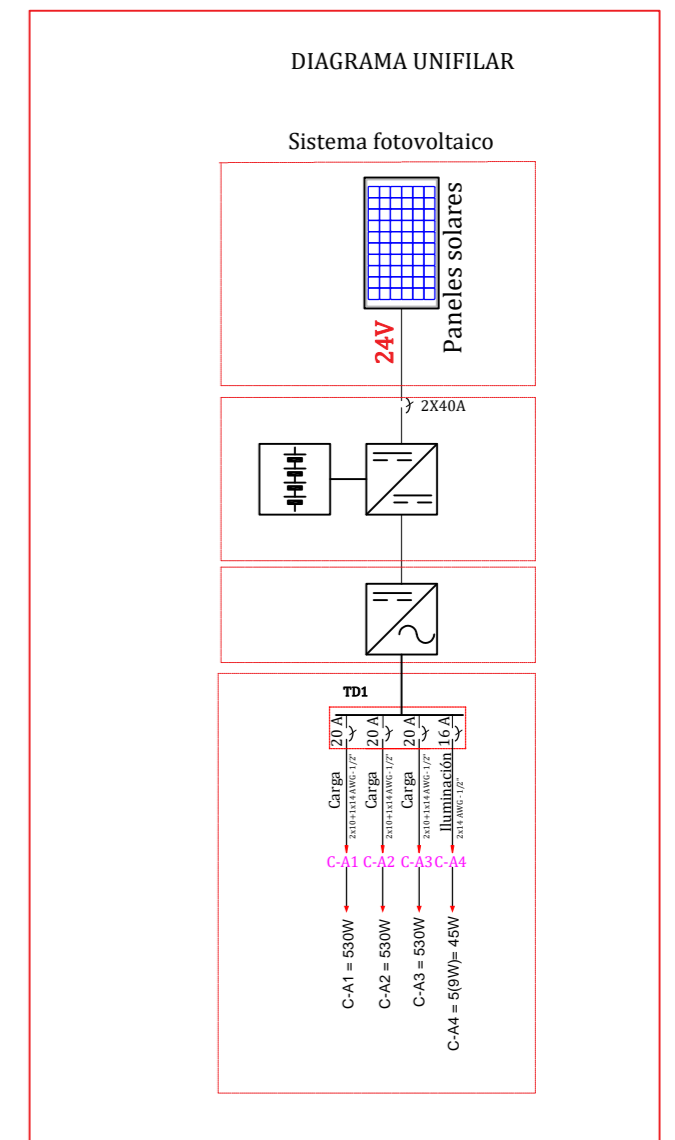
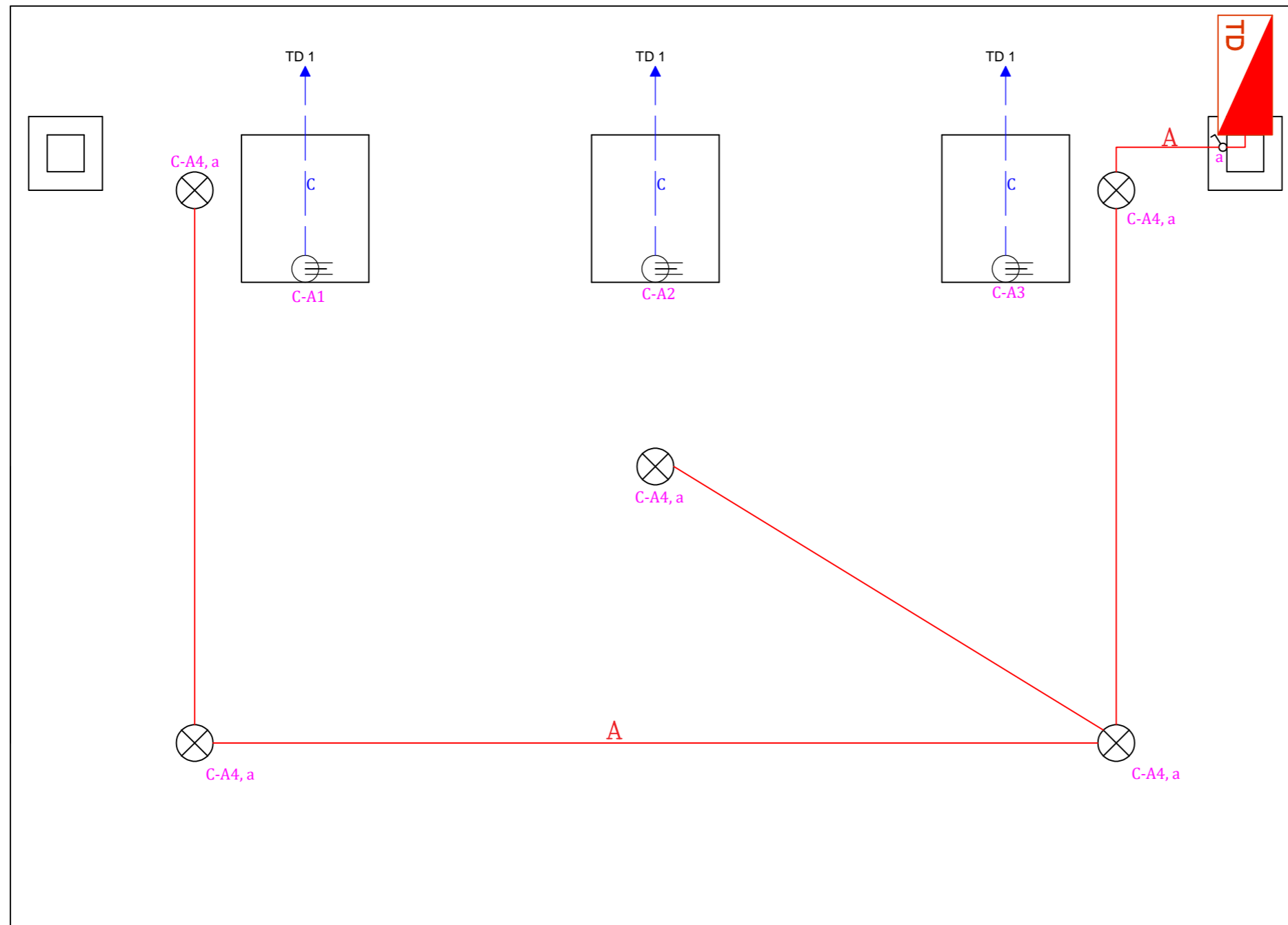
PLANOS

Anexo 8. Planos y despiece del prototipo.

Panel policristalino JAP 265-3BB



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
F.E.I.R.N.N.R.	INGENIERIA ELECTROMECHANICA	
PROYECTO: "FACTIBILIDAD DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA A UNA ESTACION DE CARGA DE BICICLETAS ELÉCTRICAS EN LA CIUDAD DE LOJA"		
Provincia: Loja	Cantón: Loja	Parroquia:
Autor: Jaime Sebastián Valarezo Borrero		Tutor: Ing. Julio Gómez
Fecha: Marzo 2023	Lámina:	Lámina
		Escala:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
F.E.I.R.N.R.		INGENIERIA ELECTROMECANICA
PROYECTO: "FACTIBILIDAD DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA A UNA ESTACION DE CARGA DE BICICLETAS ELÉCTRICAS EN LA CIUDAD DE LOJA"		
Provincia: Loja	Cantón: Loja	Parroquia:
Autor: Jaime Sebastián Valarezo Borrero		Tutor: Ing. Julio Gómez
Fecha: Marzo 2023	Lámina:	Escala: