



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Evaluación de la integración de energías renovables en la  
infraestructura de carga de vehículos eléctricos**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Mecánico - Eléctrico

**César Augusto Cárdenas Correa  
Víctor Alejandro Luna Seminario**

**Asesor:  
Mgtr. Ing. Marcoantonio Víctor Álamo Viera**

**Piura, marzo de 2023**

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS-Evaluación de la integración de energías renovables en la infraestructura de carga de vehículo**

AUTOR

**César\_Victor Cárdenas\_Luna**

RECUENTO DE PALABRAS

**14165 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**77911 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**90 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.7MB**

FECHA DE ENTREGA

**Feb 27, 2023 11:06 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Feb 27, 2023 11:08 PM GMT-5****● 5% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



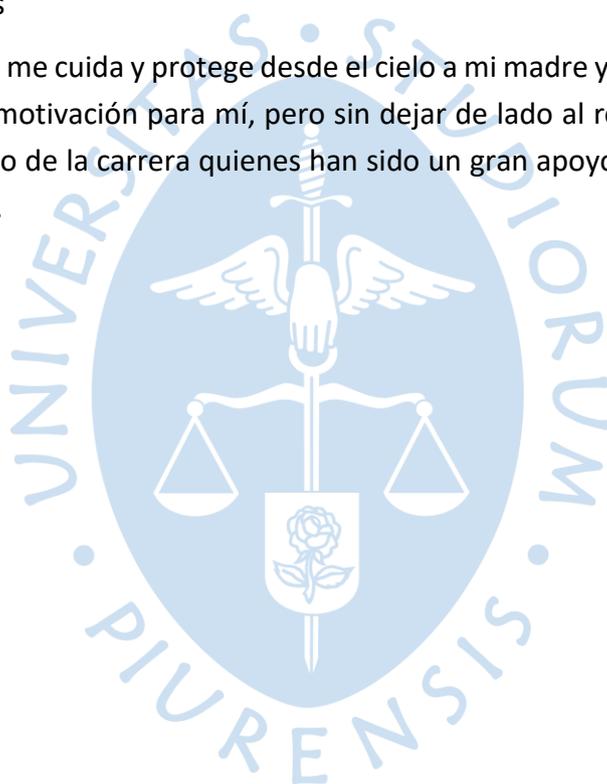
### **Dedicatoria**

A mis padres y a mi familia por siempre ser un soporte incondicional y a todos mis amigos y profesores que me han apoyado a seguir adelante para lograrlo.

César Cárdenas

A mi padre que me cuida y protege desde el cielo a mi madre y hermanas que han sido, son y serán una gran motivación para mí, pero sin dejar de lado al resto de familia y amigos que he hecho a lo largo de la carrera quienes han sido un gran apoyo a lo largo de este largo y satisfactorio camino.

Victor Luna





## Resumen

El presente trabajo se centra en la problemática de la pobre infraestructura presente en el país para la carga de vehículos eléctricos, lo cual frena el desarrollo de este nuevo mercado. Asimismo, en este documento se habla acerca de los beneficios energéticos y ecológicos de los vehículos eléctricos, los tipos de carga y tipos de cargadores que hay en la actualidad, así como del mercado actual junto a la gran variedad de ejemplares que existen; además, de los avances y los desafíos a los que aún se enfrentan.

Para el desarrollo del sistema de carga, uno de los objetivos principales es que el sistema sea en su totalidad independiente de la red eléctrica, para ello se evalúa la integración de energías renovables; donde la energía solar fotovoltaica en conjunto con almacenamiento de energía mediante un banco de baterías se presenta como una gran alternativa debido a su aumento de popularidad en los últimos años. Se plantea que la estación de carga contenga un cargador rápido de tipo 3 de 20 kW, para que los autos se carguen en un tiempo relativamente rápido y solamente una unidad debido al temprano desarrollo en que se encuentra la industria de vehículos eléctricos en el país. Además, por motivos de cantidad de equipos y área necesaria para la instalación se propone el uso de grupo electrógeno para poder superar en parte, los problemas mencionados.

Se desarrolla un algoritmo en el software Matlab, en el cual el usuario ingresa datos generales de su estación de carga, establece la región donde se encuentra, además de escoger la cantidad promedio de vehículos eléctricos esperados a lo largo del día, de cantidades predeterminadas. En una primera instancia se muestran los resultados de un sistema completamente desconectado de la red sin grupo electrógeno; el algoritmo también da la posibilidad de iterar con nuevos parámetros, pero esta vez con un grupo electrógeno, hasta conseguir el dimensionamiento que se ajuste más a los requerimientos del usuario. El algoritmo arroja parámetros como el CO<sub>2</sub> mitigado, el área necesaria para la instalación y una visualización del comportamiento de la estación de carga a lo largo de una semana para ayudar a la decisión del usuario.



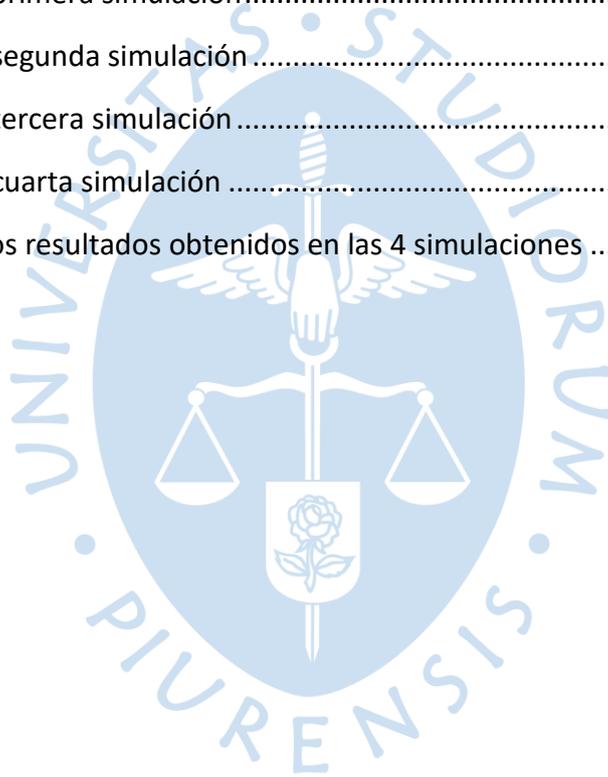
## Tabla de contenido

Introducción .....	13
Capítulo 1 Identificación del problema a resolver .....	15
1.1 Justificación .....	15
1.2 Antecedentes.....	18
1.3 Objetivos.....	20
1.3.1 Objetivo principal .....	20
1.3.2 Objetivos específicos.....	20
1.4 Metodología .....	21
Capítulo 2 Marco teórico.....	23
2.1 Clasificación de las estaciones de carga de EV .....	23
2.1.1 Niveles de carga para vehículos eléctricos.....	23
2.1.2 Modos de carga de los vehículos eléctricos.....	25
2.1.3 Tipos de conectores para la carga de vehículos eléctricos .....	28
2.2 Mercado de EV .....	30
2.2.1 Vehículos eléctricos.....	30
2.2.2 Vehículos híbridos convencionales .....	31
2.2.3 Vehículo híbrido enchufable .....	32
2.2.4 Vehículos eléctricos con autonomía extendida .....	32
2.3 Desafíos y avances tecnológicos recientes.....	35
2.3.1 Desafíos .....	35
2.3.2 Avances.....	37
2.4 Impacto en el medio ambiente de los EV.....	38
Capítulo 3 Integración de energías renovables en la infraestructura de carga .....	41

3.1	Diseño de la estación de carga de EV .....	41
3.1.1	Panel solar fotovoltaico.....	41
3.1.2	Banco de baterías.....	42
3.1.3	Grupo electrógeno .....	42
3.1.4	Cargador .....	43
3.2	Modos de operación.....	43
3.2.1	Modo 1 .....	43
3.2.2	Modo 2 .....	44
3.2.3	Modo 3 .....	45
3.2.4	Modo 4 .....	45
3.2.5	Modo 5 .....	46
3.2.6	Modo 6 .....	46
3.3	Impacto en la red de la carga de EV .....	52
3.4	Simulación y resultados.....	52
3.5	EVCS es una estación gasolinera .....	65
	Conclusiones.....	67
	Recomendaciones .....	69
	Referencias bibliográficas .....	71
	Apéndices .....	75
	Apéndice A Algoritmo Matlab.....	77
	Anexos.....	85
	Anexo A Ficha técnica panel fotovoltaico .....	87
	Anexo B Ficha técnica baterías Ates Power .....	89
	Anexo C Ficha técnica cargador EV DC .....	90

### Lista de tablas

Tabla 1 Clasificación de conectores por tipo de corriente y región.....	30
Tabla 2 Factor de emisión de Kg de Dióxido de Carbono .....	52
Tabla 3 Datos para la primera simulación.....	52
Tabla 4 Datos para la segunda simulación.....	55
Tabla 5 Datos para la tercera simulación.....	58
Tabla 6 Datos para la cuarta simulación .....	61
Tabla 7 Resumen de los resultados obtenidos en las 4 simulaciones .....	64





## Lista de figuras

Figura 1 Comparativa de contaminación de vehículos en Polonia .....	16
Figura 2 Comparativa de contaminación de vehículos en Suecia .....	17
Figura 3 Matriz energética del Perú en el año 2021 .....	17
Figura 4 Adquisición de vehículos eléctricos por año en el Perú .....	18
Figura 5 Sistema de carga de nivel 1 .....	24
Figura 6 Sistema de carga de nivel 2 .....	24
Figura 7 Sistema de carga de nivel 3 .....	25
Figura 8 Representación del sistema de carga de modo 1 .....	26
Figura 9 Representación del sistema de carga de modo 2 .....	27
Figura 10 Representación del sistema de carga de modo 3 .....	28
Figura 11 Representación del sistema de carga de modo 4 .....	28
Figura 12 Tesla Model 3 .....	31
Figura 13 Kia Niro .....	31
Figura 14 Toyota Prius Prime .....	32
Figura 15 BMW i3 Rex .....	33
Figura 16 Ventas de VE por zonas en el mundo entre 2015 y 2021 .....	33
Figura 17 Demanda de vehículos eléctricos en el mundo por tipos entre 2015 y 2021 .....	34
Figura 18 Ventas de VE en Perú por tipos .....	34
Figura 19 Autonomía de algunos vehículos eléctricos puros .....	36
Figura 20 Distribución de cargadores rápidos de Tesla en Europa y Norte de África .....	36
Figura 21 Esquema de mecanismo de frenado regenerativo .....	37
Figura 22 Super cargadores Tesla .....	38
Figura 23 Panel solar fotovoltaico .....	41

Figura 24 Banco de baterías .....	42
Figura 25 Grupo electrógeno .....	42
Figura 26 Cargador de modo 3 ATSS modelo EVD-20s .....	43
Figura 27 Representación gráfica del modo 1.....	44
Figura 28 Representación gráfica del modo 2.....	44
Figura 29 Representación gráfica del modo 3.....	45
Figura 30 Representación gráfica del modo 4.....	45
Figura 31 Representación gráfica del modo 5 .....	46
Figura 32 Representación gráfica del modo 6.....	47
Figura 33 Diagrama de flujo del sistema.....	47
Figura 34 Radiación mensual a lo largo del año. Ciudad de Piura .....	48
Figura 35 Curva de consumo: Carga de 4 autos a lo largo del día .....	48
Figura 36 Curva de consumo: Carga de 6 autos a lo largo del día .....	49
Figura 37 Curva de consumo: Carga de 8 autos a lo largo del día .....	49
Figura 38 Curva de consumo: Carga de 10 autos a lo largo del día .....	49
Figura 39 Curva de consumo: Carga de 12 autos a lo largo del día .....	50
Figura 40 Curva de consumo, Generación PV y SOC obtenidas de la primera simulación .....	54
Figura 41 Resultado arrojado por Matlab en la primera simulación .....	55
Figura 42 Curva de consumo, Generación PV y SOC obtenidos de la segunda simulación .....	57
Figura 43 Resultado arrojado por Matlab en la segunda simulación .....	58
Figura 44 Curva de consumo, Generación PV y SOC obtenidos de la tercera simulación .....	60
Figura 45 Resultados arrojados por Matlab en la tercera simulación .....	61
Figura 46 Curva de consumo, Generación PV y SOC obtenidos de la cuarta simulación .....	63
Figura 47 Resultado arrojado por Matlab en la cuarta simulación.....	64
Figura 48 Gasolinera en carretera Sullana-Talara .....	65

## Introducción

Recientemente, los vehículos eléctricos se han convertido en una alternativa principal entre los consumidores, no solamente en Europa o Estados Unidos sino también en América Latina, hecho por el cual las empresas han empezado a desarrollar tecnologías que permitan hacerlos cada vez más rentables para el usuario común. A lo largo del proceso han realizado mejoras a los inconvenientes más destacados de estos vehículos como son incrementar el desempeño de las baterías y también innovar en los cargadores para que los vehículos puedan ser abastecidos en menor tiempo. Todos estos avances se convierten en una desventaja para el Perú ya que no hay una infraestructura adecuada para soportar la demanda de carga de una considerable cantidad de vehículos circulando en las carreteras nacionales. El proceso del desarrollo de esta infraestructura puede llegar a ser compleja por muchos factores, como la cantidad de cargadores por estación, el tipo de cargador a ofrecer al público, la locación en donde colocar las estaciones, la sostenibilidad tanto económica como energética de las estaciones, etc.

Existen varios tipos de cargadores que van del modo 1 al modo 4, cada uno con diferentes características para satisfacer diferentes tipos de público, dependiendo del tiempo de carga de las baterías de los vehículos. El modo 3 y el modo 4 son los más interesantes ya que el tiempo de carga es considerablemente menor en comparación al modo 1 y al modo 2; sin embargo, el requerimiento energético de estos modos sí es considerable, por lo que es importante tener en cuenta tecnologías energéticamente eficientes y las energías renovables son una excelente opción, entre ellas la energía solar fotovoltaica o energía eólica. El estudio de su incorporación en los sistemas de estación de carga es importante ya que puede mejorar considerablemente la eficiencia de la estación, así como reducir costos a las concesionarias, lo que a su vez resulta en un menor costo para el cliente



## Capítulo 1

### Identificación del problema a resolver

En este capítulo se estudiará la problemática de las estaciones de carga de vehículos eléctricos, en particular: la infraestructura de carga inadecuada. Además, se desarrollará la metodología necesaria para dar una solución óptima y se pueda adaptar en un futuro al mercado local.

#### 1.1 Justificación

La transición a los vehículos eléctricos (EV, por sus siglas en inglés) ha cobrado impulso en los últimos años, promovida por una combinación de factores como la creciente preocupación por la contaminación del aire y el cambio climático, los avances en la tecnología de baterías y las políticas gubernamentales destinadas a promover un transporte más limpio.

Uno de los principales beneficios de los vehículos eléctricos es que producen emisiones significativamente más bajas que los vehículos con motor de combustión interna. Esto se debe a que los vehículos eléctricos funcionan con electricidad, que puede generarse a partir de una variedad de fuentes, incluidas las fuentes de energía renovable. Esto significa que los vehículos eléctricos tienen el potencial de reducir en gran medida la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire causada por el transporte.

Otro beneficio de los vehículos eléctricos es que, por lo general, son más baratos de operar que los vehículos con motor de combustión interna. Esto se debe a que la electricidad suele ser más barata que la gasolina o el diésel, y los vehículos eléctricos también tienen menos piezas móviles, lo que significa menos costos de mantenimiento y reparación. Además, los vehículos eléctricos también se pueden cargar en el hogar o en estaciones de carga públicas, lo que elimina la necesidad de viajes frecuentes a la estación de servicio.

Para aprovechar todo el potencial de los vehículos eléctricos, es importante considerar cómo pueden integrarse en una economía circular que, para este contexto, significa diseñarlos y fabricarlos para minimizar los desechos y maximizar el uso de materiales reciclados y renovables. Por ejemplo, mediante el uso de baterías de segunda vida. A medida que las baterías de los vehículos eléctricos se degradan con el tiempo, ya no se pueden usar para impulsar un vehículo, pero aún tienen una capacidad de almacenamiento de energía significativa. Estas baterías se pueden reutilizar para otras aplicaciones como sistemas de

almacenamiento de energía o como fuentes de energía de respaldo, extendiendo su vida útil y reduciendo la necesidad de fabricar baterías nuevas.

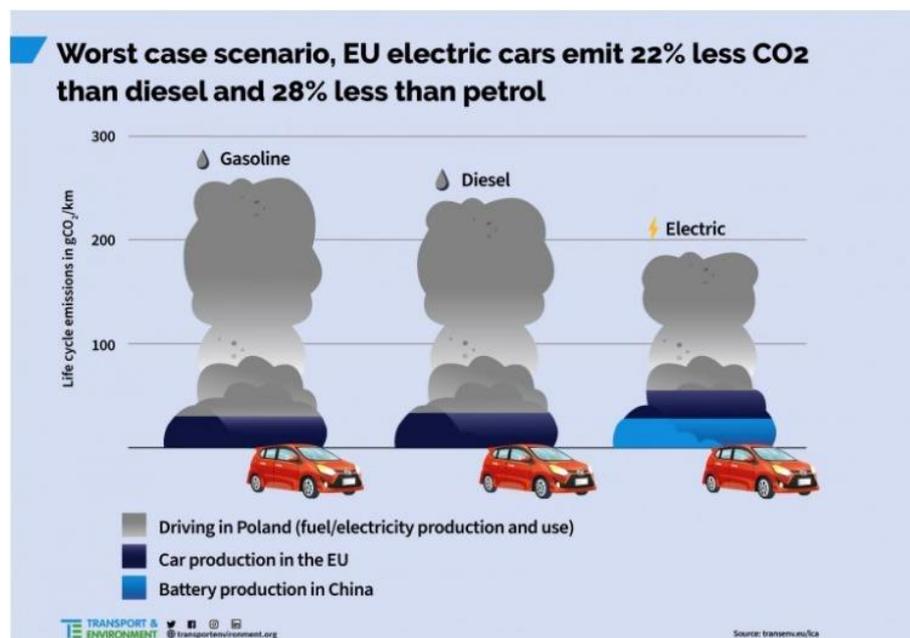
El impacto de los vehículos eléctricos en el medio ambiente también dependerá de la matriz energética del país donde están presentes, es decir, las fuentes de generación utilizadas en su sector eléctrico. En países con una alta proporción de energía renovable en su combinación energética, los beneficios ambientales de los vehículos eléctricos serán mayores que en países que dependen en gran medida de los combustibles fósiles; sin embargo, en ambos casos la preocupación radica en una sobredemanda de energía eléctrica.

Para entrar en contexto acerca del impacto del uso de vehículos eléctricos se hace la comparación entre dos países muy distintos con respecto a su matriz de generación eléctrica.

Suecia es un país en el cual la energía producida a partir de energías fósiles es muy reducida y predominan las energías renovables, siendo la hidroeléctrica la más influyente, además de la energía eólica y la biomasa; en Polonia la gran parte de la energía es producida a partir de la quema de combustibles fósiles, aproximadamente un 80%, además de energía nuclear y gas natural, siendo las energías renovables poco protagonista en dicho país. Con eso tenemos la siguiente comparación:

### Figura 1

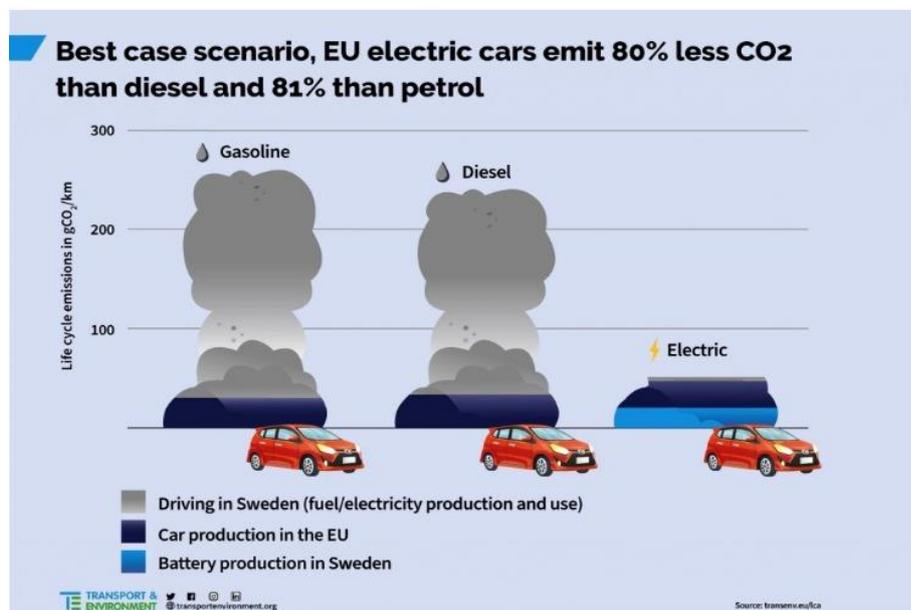
*Comparativa de contaminación de vehículos en Polonia*



*Nota.* Extraído de “Transport & Environment” (Mathieu, 2020)

Figura 2

Comparativa de contaminación de vehículos en Suecia

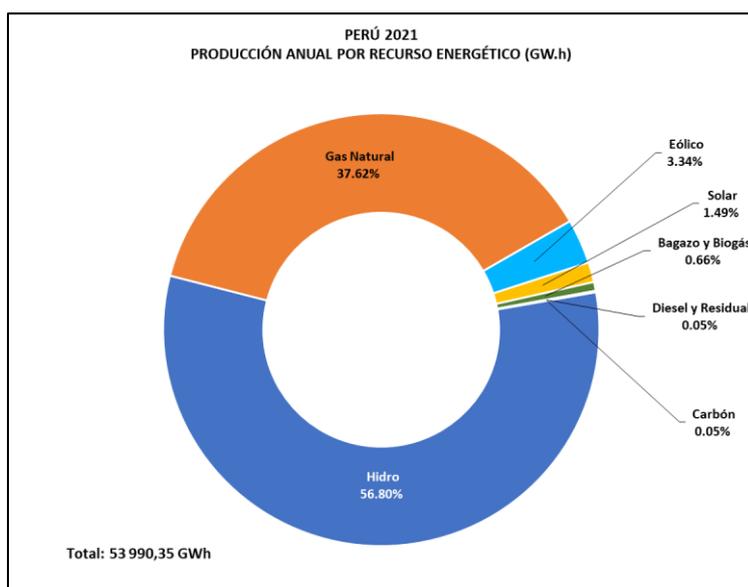


Nota. Extraído de “Transport & Environment” (Mathieu, 2020)

Como se aprecia en la Figura 1 y Figura 2 en ambos casos el uso de vehículos eléctricos simboliza un impacto en emisiones de CO<sub>2</sub>; sin embargo, al ver con detenimiento ambos casos se aprecia que en Suecia el impacto es mucho mayor y es debido a una matriz energética más limpia que la polaca. Con eso en mente y llevándolo al ámbito nacional, en la Figura 3, se revisa como está compuesta la matriz energética:

Figura 3

Matriz energética del Perú en el año 2021



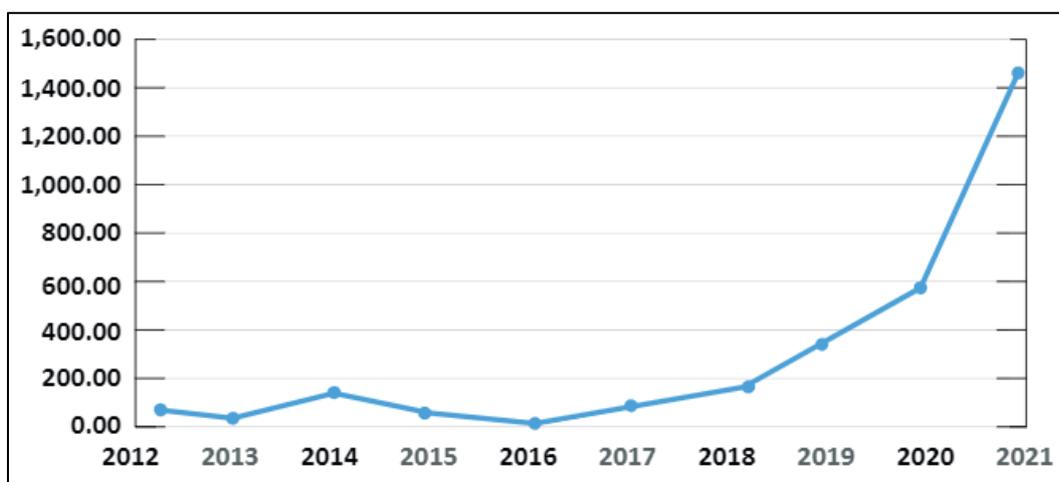
Nota. Extraído de Reporte anual de producción por recurso energético 2021 COES

Analizando la matriz energética en el Perú se aprecia que más del 50% de la energía producida es mediante hidroeléctricas por lo que, basados en lo previamente dicho, el industrializar los vehículos eléctricos en el país tendrían un impacto significativo.

Actualmente, la transición a vehículos eléctricos en el Perú va en aumento, pero es bastante limitada en comparación a otros países de Latinoamérica. En la Figura 4, se aprecia la cantidad de vehículos eléctricos (a batería, híbridos e híbridos enchufables) adquiridos por año en el país.

**Figura 4**

*Adquisición de vehículos eléctricos por año en el Perú*



*Nota.* Extraído de AEDIVE Perú

Si se desea motivar a los consumidores a migrar rápidamente a los vehículos eléctricos se deben tener en cuenta principalmente dos problemas: la infraestructura de carga inadecuada o limitada y la falta de tecnología de almacenamiento de energía más favorable. Por lo que se busca analizar un modelo detallado y eficiente de una estación de carga híbrida de EV basada en energías renovables.

## **1.2 Antecedentes**

En los últimos años, ha aumentado el uso de estaciones de carga distribuidas para vehículos eléctricos que utilizan fuentes de energía renovable. Los sistemas solares fotovoltaicos y las baterías colaboran como unidad de almacenamiento de energía, todos los cuales están conectados directamente en CC y además tienen soporte de red, lo que resulta en una opción óptima para aumentar el rendimiento y la fiabilidad de las estaciones de carga de vehículos eléctricos. Se han propuesto muchos trabajos de investigación relacionados con las estaciones de carga fotovoltaicas principalmente:

Bhatti & Salam (2018), proponen un esquema de gestión de energía basado en reglas para la carga de vehículos eléctricos donde tienen como objetivo principal proporcionar carga a los vehículos eléctricos a bajo costo y a la vez aumentar el beneficio de la estación de carga. El sistema se propone bajo 4 sistemas de funcionamiento, Overload, Underload, No-load e Idle. Estos se refieren a diferentes situaciones para el sistema de carga, Overload es cuando la demanda es mayor que la potencia disponible, Underload es cuando hay demanda, pero es menor o igual a la potencia disponible, No-load es cuando hay potencia disponible pero no hay demanda e Idle es cuando no hay demanda de EV ni potencia de PV disponible. El esquema propone maximizar el beneficio y reducir el costo de carga utilizando reglas de gestión de energía adaptando el sistema a diferentes situaciones de carga. Al término de la investigación se demuestra que con el esquema propuesto se reduce el cobro en un 16.1% y también se logra reducir la carga en la red en un 93,7%.

Mohamed , K., et al. (2020), en su artículo aborda el estado actual de la tecnología de vehículos eléctricos en el Reino Unido, con énfasis en la infraestructura de estaciones de carga. Se discuten las limitaciones técnicas que siguen desafiando la sostenibilidad de las estaciones de carga de vehículos eléctricos junto con las oportunidades de ser alimentadas por energías renovables. Se proponen dos sistemas de paneles solares fotovoltaicos basados en reflectores para las estaciones. Primero, el diseño de un reflector complementado con un sistema de paneles solares monofaciales para mejorar la eficiencia de conversión en función de la superficie y también se describe un diseño de paneles solares bifaciales con reflector paralelo que cuenta con un área de contacto mejorada.

Rituraj, G. et al. (2022), revisó varias arquitecturas y subsistemas de sistemas de carga híbridos y Off-Grid para vehículos eléctricos (EV). Los autores encontraron que, si bien se han informado numerosos trabajos para los sistemas de carga híbridos (HCS) en comparación con los sistemas de carga Off-Grid (OGCS), también se debe prestar atención a los OGCS para que las áreas donde la red eléctrica está ausente también pueden adoptar vehículos eléctricos. Esto es importante porque las áreas rurales y remotas a menudo no tienen acceso a la infraestructura de red tradicional, lo que hace que los sistemas de carga Off-Grid sean una necesidad para estas regiones.

Uno de los hallazgos clave del artículo fue que la energía fotovoltaica y las baterías son actualmente la tendencia en las fuentes de energía y los sistemas de almacenamiento de energía (ESS), respectivamente. Sin embargo, también se vio que algunos trabajos usan una combinación de energía fotovoltaica, eólica y GE en fuentes de energía y batería en ESS. Además, la biomasa se identificó como una gran fuente de energía en áreas rurales y ventajosa para los OGCS, pero muy pocos trabajos se han centrado en la biomasa y su integración con otras fuentes de energía renovable. Por lo tanto, se sugirió como un área potencial para explorar más a fondo en los OGCS. También mencionan que los cargadores Vehicle-to-Grid (V2G) no se implementan con frecuencia, aunque podría ser fundamental en los OGCS para

proporcionar energía de respaldo. Los autores sugieren que es importante explorar estas áreas para mejorar la seguridad y la eficiencia de los sistemas de carga.

Li, D., et al. (2020), proponen un algoritmo de programación de energía de carga y descarga mediante un método de restricciones aleatorias lo que asegura no exceder la capacidad de energía contratada. Concluyeron que el coste de energía de la carga de vehículos eléctricos puede reducirse casi un 50% en comparación a un método no coordinado.

Savio, D., et al. (2019), tratan el tema de que una estación de carga híbrida alimentada por microrred reduce las pérdidas de transmisión al controlar mejor el flujo de energía en el sistema de energía moderno. Sin embargo, la carga no coordinada de los vehículos eléctricos de batería (BEV) con la microrred híbrida da como resultado un uso ineficaz de las fuentes de energía renovable conectadas a la estación de carga. Además, el desarrollo planificado de futuras estaciones de carga que incluyen la instalación de carga multipuerto, sobrecargará la red eléctrica.

El artículo analiza los siguientes aspectos técnicos: la estrategia de gestión y control de energía del convertidor de carga BEV multipuerto desde una fuente fotovoltaica (PV) y su utilización efectiva; mantener el voltaje del bus de DC independientemente de la congestión de la red eléctrica causada por la carga local o la falta de energía fotovoltaica a través de su Unidad de almacenamiento de energía (ESU). Además, el controlador de carga ofrece carga de circuito cerrado a través de corriente y voltaje constantes, lo que reduce el tiempo de carga. El objetivo de una estrategia de gestión energética es minimizar el consumo de energía de la red eléctrica y almacenar energía fotovoltaica cuando el vehículo no está conectado para recargar. La estrategia de administración de energía (EMS) propuesta se modeló y simuló usando MATLAB/Simulink y se verificaron sus diferentes modos de operación. También se desarrolló un prototipo experimental a escala de laboratorio y se estudió el rendimiento de la estación de carga propuesta.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo principal**

Realizar un estudio y establecer una metodología sobre la implementación de energías renovables a la infraestructura de una estación de carga de vehículos eléctricos que sea óptima y viable para su futura aplicación en el mercado local.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Integrar las energías renovables en un solo sistema, sin comprometer la fiabilidad energética en las estaciones de carga de vehículos eléctricos.
- Desarrollar un algoritmo utilizando el software Matlab para verificar el dimensionamiento y funcionamiento del sistema propuesto.

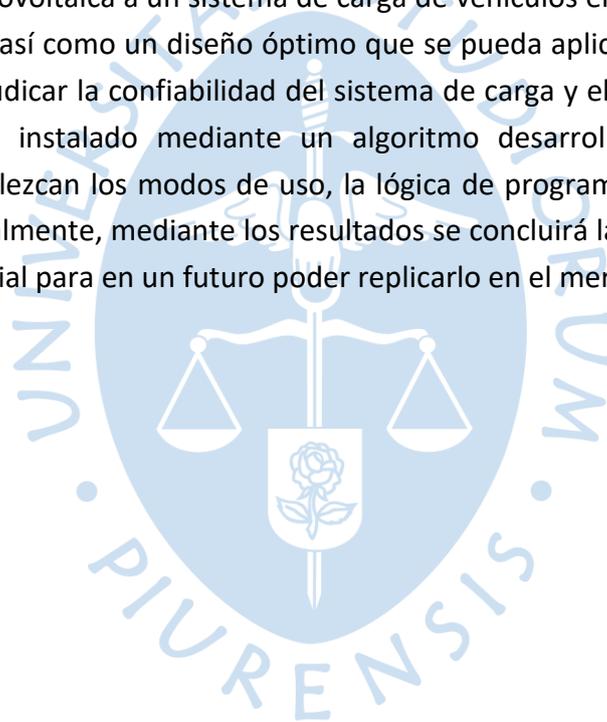
- Exponer un análisis sobre cómo instalar una estación de carga EV completa en una estación de servicio existente, solucionando problemas de calidad de energía y sin aumentar la potencia contratada.

#### **1.4 Metodología**

La presente tesis presentará la siguiente metodología:

Para esta investigación, se dará comienzo con el estudio sobre los vehículos eléctricos (EV): Mercado existente, estaciones de carga y los distintos tipos de carga que estos presentan. Consecuentemente se investigará acerca de las aplicaciones de energías renovables en conjunto con la red eléctrica, como la inclusión energía solar fotovoltaica, sistema de almacenamiento de energía con baterías, grupo electrógeno, etc.

Luego se evaluará un caso de implementación de fuentes de energía renovable, en particular, energía fotovoltaica a un sistema de carga de vehículos eléctricos. Se definirán los modos de operación, así como un diseño óptimo que se pueda aplicar localmente, teniendo en cuenta en no perjudicar la confiabilidad del sistema de carga y el suministro eléctrico del local en donde será instalado mediante un algoritmo desarrollado en Matlab donde previamente se establezcan los modos de uso, la lógica de programación y la estrategia de gestión y control. Finalmente, mediante los resultados se concluirá la efectividad del modelo propuesto y el potencial para en un futuro poder replicarlo en el mercado local.





## Capítulo 2

### Marco teórico

#### 2.1 Clasificación de las estaciones de carga de EV

Las estaciones de carga de vehículos eléctricos (EV) o también llamadas electrolinerías, son una parte esencial de la creciente infraestructura de movilidad eléctrica. A medida que la demanda de EV continúa creciendo, la necesidad de estaciones de carga convenientes, asequibles y confiables se vuelve más indispensable. Estas estaciones de carga proporcionan a los vehículos eléctricos una fuente de energía para cargar sus baterías, les permiten viajar mayores distancias y reducen la ansiedad por el limitado alcance comúnmente asociado con los vehículos eléctricos. Con el aumento del número de vehículos eléctricos en las carreteras, instalar estaciones de carga se ha convertido en una prioridad para gobiernos, fabricantes de automóviles y empresas energéticas.

Estas estaciones de carga vienen en una variedad de formas, que van desde la carga de nivel 1 utilizando un tomacorriente doméstico estándar hasta la carga de nivel 3 que puede proporcionar una carga completa en solo unos minutos. Cada nivel conlleva unos distintos parámetros, modos de recarga y tipos de conectores, los cuales se detallan a continuación:

##### **2.1.1 Niveles de carga para vehículos eléctricos**

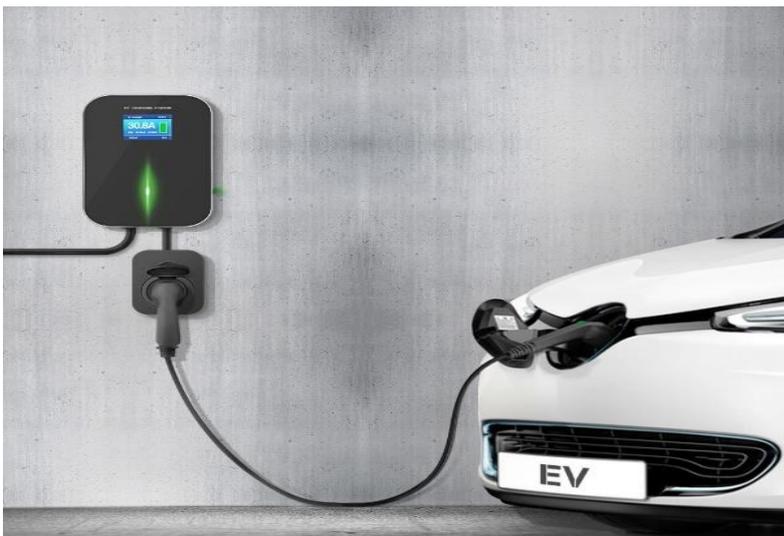
En la actualidad existen tres niveles de carga para vehículos eléctricos. Esta clasificación está directamente relacionada con el tiempo en el que el EV logra cargarse.

**2.1.1.1 Carga de nivel 1.** También llamada carga lenta, es popular debido a que se puede conectar el cargador mediante un toma de corriente doméstico estándar a 120/230 VAC dependiendo del país, como se observa en la Figura 5, por lo que la potencia máxima proporcionada es limitada, llegando a un promedio de 12 a 16 amperios en la corriente circulante y una carga completa del vehículo tomará de 6 a 8 horas, resultando en términos de eficiencia de tiempo de carga por vehículo entre 5 a 8 km de alcance por hora. Este tipo de carga es óptimo para dejarse cargando en el garaje o cochera durante la noche.

**Figura 5***Sistema de carga de nivel 1*

*Nota.* Extraído de Kelley Blue Book (Hardstey, 2022)

**2.1.1.2 Carga de nivel 2.** Llamada también carga semi-rápida; a diferencia del nivel 1, una carga completa del vehículo se puede lograr en 2 a 4 horas debido a que la corriente al momento de la carga que se puede suplir puede llegar a valores entre 12 a 80 A. Los tipos de cargadores de este nivel también pueden instalarse en el hogar, pero estos se instalan directo desde la acometida, tal como se aprecia en la Figura 6, pueden ser monofásicos a 220 VAC o trifásicos 380 VAC, siendo el último el que puede lograr mayores corrientes de carga. En términos de autonomía por carga por vehículo se obtiene entre 16 y 32 km de alcance por hora.

**Figura 6***Sistema de carga de nivel 2*

*Nota.* Extraído de Made-in-Cbhina (Made-in-China, s.f.)

**2.1.1.3 Carga de nivel 3.** Conocido como carga rápida, es el tipo más eficiente en términos de tiempo de espera, ya que la carga completa puede lograrse en menos de 1 hora. Normalmente para este tipo de carga se utiliza directamente corriente continua, sin pasar por un convertidor CA/CC, para lograr entregar más energía en menos tiempo. En promedio la potencia entregada en este tipo ronda los 50 kW, pudiendo ser mayor dependiendo el caso. En términos de eficiencia de tiempo de carga por vehículo se obtiene entre 160 y 200 km de alcance en 20-30 minutos. En la Figura 7 se aprecia un tipo de carga de nivel 3.

### Figura 7

*Sistema de carga de nivel 3*

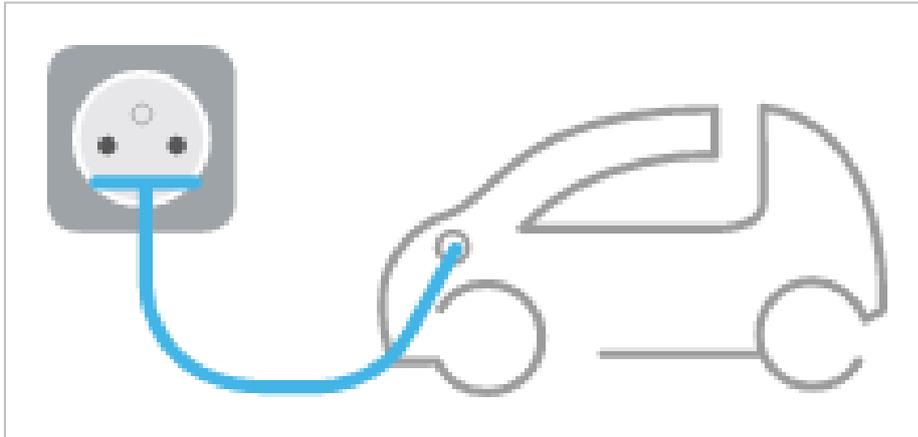


*Nota.* Tomado de Wattlogic (Point, 2022)

### **2.1.2 Modos de carga de los vehículos eléctricos**

La norma IEC 61851 define cuatro modos de carga de los vehículos eléctricos para garantizar la interoperabilidad entre estos y la infraestructura de carga. Los cuatro modos de carga según la norma son modo 1, modo 2, modo 3 y modo 4.

**2.1.2.1 Modo 1.** El modo de carga 1 es el modo más simple e implica cargar un vehículo eléctrico desde un tomacorriente estándar utilizando un cable de carga suministrado con el vehículo. Con este tipo de recarga no existen medidas de protección que permitan el control y la comunicación con el coche eléctrico. Como resultado, la interfaz de carga se energiza inmediatamente y no ofrece protección eléctrica por lo que el cable de carga ofrece poca seguridad para la casa, el coche eléctrico y la persona que carga el coche eléctrico. Además, la carga con el modo 1 está prohibida en muchos países. En la Figura 8 se muestra una representación sencilla del modo de carga.

**Figura 8***Representación del sistema de carga de modo 1*

*Nota.* Extraído de Electrical Installation (Electrical Installation, 2021)

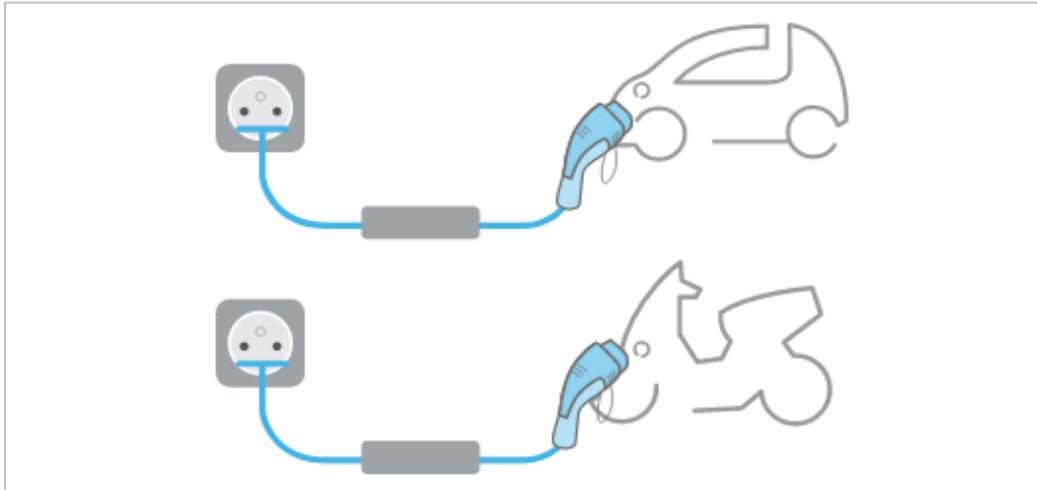
**2.1.2.2 Modo 2.** La carga del Modo 2 es similar a la carga del Modo 1, pero incluye una caja de control llamada Dispositivo de protección y control en el cable (IC-CPD) que protege al usuario y al vehículo; el modo de carga se representa en la Figura 9. La caja de control asegura que el proceso de carga se detenga automáticamente en caso de falla o cuando se desconecta el cable de carga.

Los valores nominales de corriente y voltaje no deben exceder los 32 A y 250 VAC para instalaciones monofásicas y 32 A y 480 VAC para instalaciones trifásicas como se define en la norma IEC 61851-1.

Este modo está limitado a instalaciones eléctricas domésticas. El cable de conexión normalmente se suministra con el coche eléctrico. Al igual que en el modo 1, se utiliza un enchufe estándar, pero en este caso el dispositivo de protección y el enchufe deben ser capaces de transportar corrientes de carga más altas de hasta 32 A, lo que normalmente no ocurre con los circuitos de enchufes domésticos estándar

**Figura 9**

*Representación del sistema de carga de modo 2*



*Nota.* Extraído de Electrical Installation (Electrical Installation, 2021)

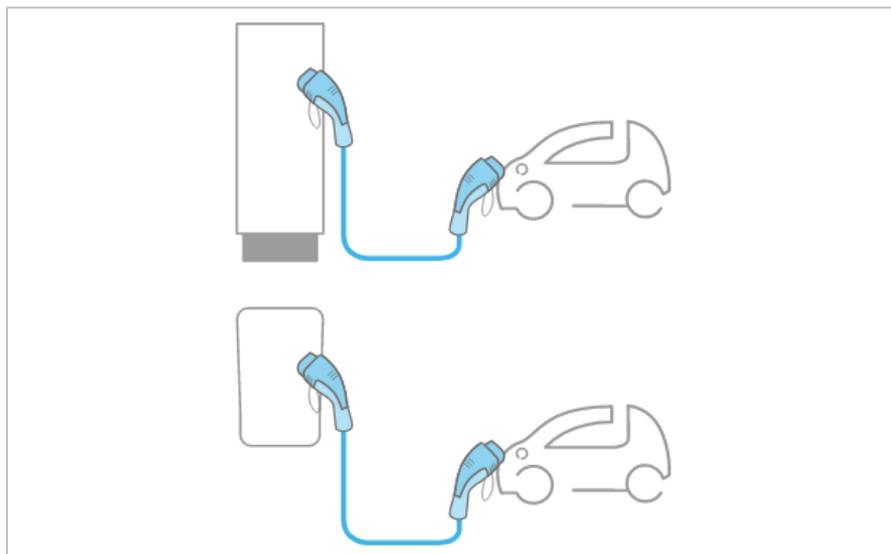
**2.1.2.3 Modo 3.** La carga en modo 3 es el método de carga de vehículos eléctricos más común e implica el uso de una estación de carga. La estación de carga proporciona una fuente de alimentación dedicada para el vehículo y se comunica con el vehículo para controlar el proceso de carga. Como el Modo 3 utiliza un cargador EV dedicado, como se aprecia en la Figura 10, en lugar de una toma de corriente estándar, el rango de potencia es más amplio, desde 3,7 kW hasta 22 kW de CA. Este rango de potencia superior permite una carga rápida de coches eléctricos en comparación con los modos 1 y 2.

La adición de un cable piloto al cable de carga permite la comunicación entre el vehículo y el equipo de carga mediante protocolos estándar. También permite la implementación de funciones de control tales como:

- Verificación de que el vehículo eléctrico está correctamente conectado a la estación de carga del EV.
- Control continuo de la integridad del conductor de protección.
- Energización y desconexión de la fuente de alimentación.
- Transmisión de información sobre el consumo de corriente máximo permitido.

**Figura 10**

*Representación del sistema de carga de modo 3*



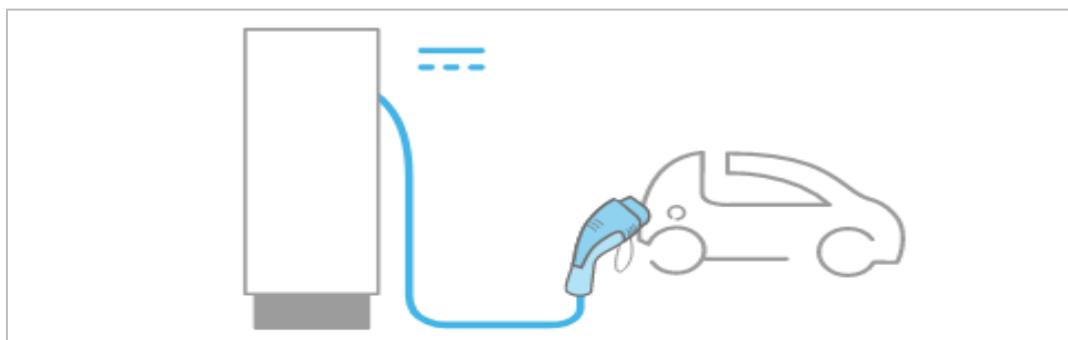
*Nota.* Extraído de Electrical Installation (Electrical Installation, 2021)

**2.1.2.4 Modo 4.** La carga del Modo 4 es el más rápido e implica el uso de una estación de carga de alta potencia capaz de entregar hasta 400kW de potencia. En el Modo 4, la carga se realiza a través de un dispositivo de alimentación de EV DC llamado estación de carga de EV (o cargador de EV) conectado a una red de CA o CC, como se observa en la Figura 11. La estación de carga EV suministra energía de CC directamente a la batería. Este modo de carga se usa para estaciones de carga rápida y puede proporcionar una carga completa en menos de 30 minutos. En el modo 4, la comunicación digital entre el vehículo eléctrico y la estación de carga es obligatoria y debe cumplir con los requisitos descritos en IEC 61851-24.

Este tipo de carga es cada vez más común a medida que aumenta la demanda de carga rápida y mejora la infraestructura de carga.

**Figura 11**

*Representación del sistema de carga de modo 4*



*Nota.* Extraído de Electrical Installation (Electrical Installation, 2021)

### **2.1.3 Tipos de conectores para la carga de vehículos eléctricos**

Uno de los componentes críticos de un vehículo eléctrico es el conector, que se encarga de transferir la energía eléctrica desde la estación de carga hasta la batería del vehículo.

Los diferentes tipos de conectores se pueden clasificar según la región en donde se utilizan con mayor frecuencia, aunque esta es una declaración simplificada.

En los vehículos eléctricos se utilizan varios tipos de conectores, cada uno con sus propias características y ventajas únicas y se detallan a continuación y en la Tabla 1.

- **J1772:** Este es un estándar norteamericano para carga de nivel 1 y nivel 2. El conector J1772 es un conector de carga monofásico capaz de entregar hasta 7,2 kW de potencia. Es compatible con una amplia gama de vehículos y estaciones de carga, lo que lo convierte en una opción popular para muchos propietarios de vehículos eléctricos.
- **CCS (Sistema de carga combinado):** Este es un estándar europeo utilizado para la carga rápida. El conector CCS es una combinación del conector J1772 y un conector de carga rápida de CC adicional. Esto permite una carga rápida de CA y CC, lo que la convierte en una opción versátil para los propietarios de vehículos eléctricos.
- **CHAdeMO:** Este es un conector de carga rápida utilizado principalmente en Japón y otros países asiáticos. El conector CHAdeMO puede entregar hasta 62,5 kW de potencia y es compatible con un número limitado de vehículos y estaciones de carga.
- **Tesla Supercharger:** Este es un sistema de carga rápida exclusivo para vehículos Tesla. El supercargador Tesla utiliza un conector patentado que no es compatible con ningún otro sistema de carga. Esto permite la carga rápida de vehículos Tesla y ofrece un beneficio único para los propietarios.
- **GB/T:** Es el estándar nacional chino para conectores de carga de vehículos eléctricos (EV). Fue desarrollado por State Grid Corporation of China y se utiliza como el estándar principal para cargar vehículos eléctricos en China. Los conectores de carga GB/T están diseñados para carga de nivel 1 y nivel 2 y pueden entregar hasta 22kW de potencia. En términos de compatibilidad, los conectores GB/T se utilizan principalmente con vehículos eléctricos fabricados en China. Sin embargo, son compatibles con un número limitado de vehículos eléctricos fabricados en el extranjero y hay adaptadores disponibles para cargar estos vehículos con estaciones de carga GB/T.

**Tabla 1***Clasificación de conectores por tipo de corriente y región*

Tipo de corriente y nombre del conector	Región				
	Japón	China	América	Europe	Todos los mercados excepto EU
AC					
Conector	Tipo 1 – J1772	GB/T	Tipo 1 – J1772	Mennekes – Tipo 2	
DC					
Conector	CHAdeMO	GB/T	CSS – Tipo 1	CSS – Tipo 2	

*Nota.* Extraído de *Enel Way* (Enel Way, 2019)

## 2.2 Mercado de EV

En el Decreto Supremo N°19 – 2018 MTC, se mencionan como vehículos eléctricos los siguientes tipos: vehículos eléctricos, vehículos híbridos convencionales, vehículos híbridos enchufables, vehículos eléctricos con autonomía extendida.

A continuación, se detalla de cada uno de ellos:

### 2.2.1 Vehículos eléctricos

Se trata de vehículos eléctricos puros que dependen únicamente de uno o más motores eléctricos que son alimentados por un banco de baterías, las cuales son cargadas por fuentes externas. La gran diferencia positiva que tiene un vehículo con estas características es el considerable bajo costo de mantenimiento que tiene con respecto a uno de combustión interna ya que cuenta con menos componentes móviles; además, claro, de mejor eficiencia energética. La gran desventaja contra uno convencional es el tiempo de carga del combustible ya que en uno de gasolina o gas su tiempo de carga puede ser extremadamente corto, mientras que en uno eléctrico el tiempo puede ser muchísimo más largo, dependiendo de su batería y del tipo de carga al que se someta.

La marca más importante a nivel global de este tipo de vehículos es Tesla (Figura 12), el cual se dedica a la fabricación de únicamente vehículos eléctricos, otras marcas como

Nissan, BMW, Chevrolet, etc. son marcas que con el paso del tiempo han empezado a añadir vehículos eléctricos a sus catálogos, pero igual de competentes.

### **Figura 12**

*Tesla Model 3*



*Nota.* Extraída de Tesla (Tesla, s.f.)

### **2.2.2 Vehículos híbridos convencionales**

En los vehículos híbridos se utilizan ambos tipos de motores, tanto los eléctricos como los de combustión interna. En el caso de los convencionales, el motor eléctrico no es de un gran tamaño, la energía eléctrica para este motor se almacena en una o más baterías que se recargan automáticamente mientras se conduce mediante la regeneración de energía en el sistema de frenos. Este motor se puede usar en modo eléctrico puro, pero el motor al ser de pequeñas dimensiones no tiene mucha autonomía; sin embargo, en términos generales sí tiene mejor autonomía que los eléctricos puros, por el respaldo del motor de combustión interna, pero con mayor porcentaje de emisión de gases contaminantes.

Entre los modelos más populares de este tipo de vehículos tenemos a Toyota Prius, Honda Insight, Kia Niro (Figura 13), entre otros.

### **Figura 13**

*Kia Niro*



*Nota.* Extraída de Kia (Kia, s.f.)

### **2.2.3 Vehículo híbrido enchufable**

El principio de funcionamiento es similar a los híbridos convencionales, pero estos cuentan con una batería mucho más grande lo que permite tener una mayor autonomía en modo eléctrico puro, lo que los hace más amigables con el medio ambiente al depender menos del motor de combustión interna, sin embargo, estos al tener un banco de baterías más grande, deben ser cargados por una fuente de energía externa de la misma forma que un eléctrico puro.

Una desventaja clara con respecto a los convencionales es que son mucho más costosos ya que al tener un banco de baterías más grande requiere de estructuras mucho más complejas.

Entre los modelos más populares Toyota Prius Prime (Figura 14), Chevrolet Volt, Ford Fusion Energi, entre otros.

**Figura 14**

*Toyota Prius Prime*



*Nota.* Extraído de Toyota (Toyota, s.f.)

### **2.2.4 Vehículos eléctricos con autonomía extendida**

Este tipo de vehículo es similar a un eléctrico puro, pero cuenta con una especie de generador que funciona a combustible o diésel, que sirve para recargar las baterías del vehículo, aunque también puede ser enchufable. Por lo anterior, se le considera un vehículo con una gran autonomía y disminuye la necesidad de que sea recargado con frecuencia. Uno de los modelos más conocido es el BMW i3 REX (Figura 15).

**Figura 15***BMW i3 Rex*

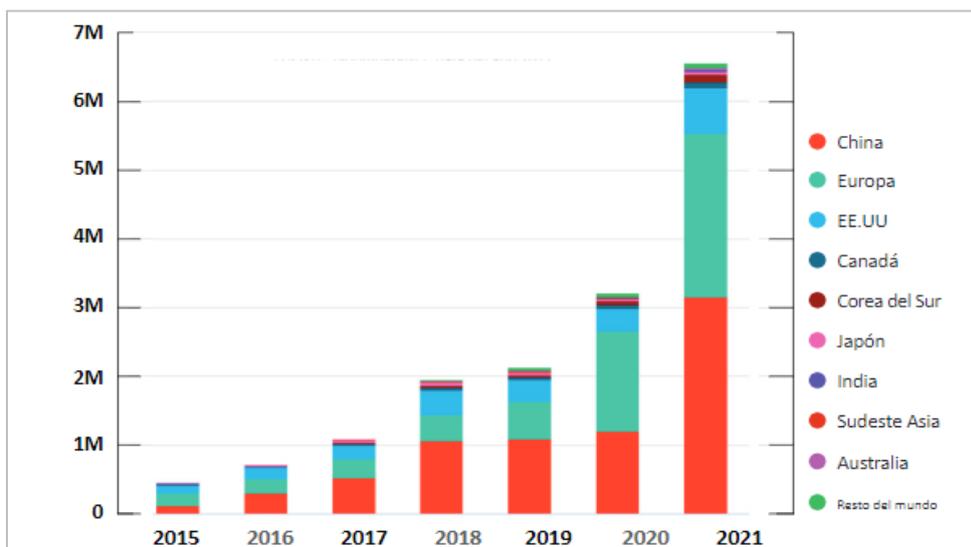
*Nota.* Extraído de BMW Blog (DeMattia, 2017)

Por otra parte, si se habla acerca del mercado global de los vehículos eléctricos, se debe mencionar que han tenido un gran crecimiento desde inicios de siglo hasta los últimos tiempos, señalando claramente la tendencia a la que se mueve el mercado.

China y Europa son los lugares donde mayor presencia tienen los vehículos eléctricos en el mercado. Tal y como se muestra en la Figura 16:

**Figura 16**

*Ventas de VE por zonas en el mundo entre 2015 y 2021*

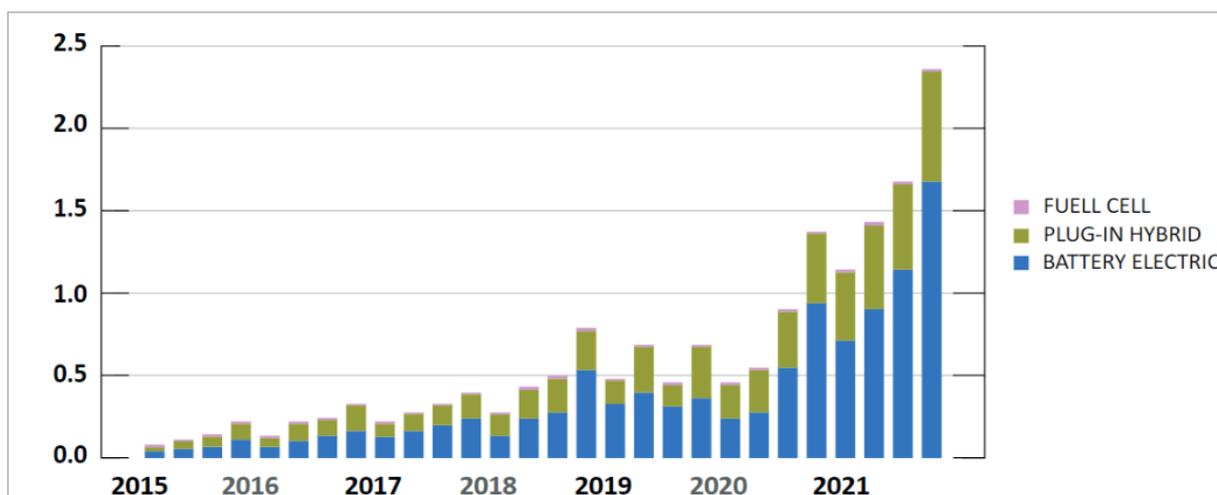


*Nota.* Extraído de AEDIVE Perú

Los vehículos eléctricos puros son los que están ganando la mayoría del mercado por encima de los híbridos como se muestra en la Figura 17. Esta tendencia se debe en gran parte a que existe una buena infraestructura de carga en los lugares donde existe una mayor demanda de vehículos eléctricos, haciéndolos más atractivos para los consumidores, a lo cual se agrega que en Europa y China se están instaurando políticas gubernamentales e incentivos fiscales para los compradores.

**Figura 17**

*Demanda de vehículos eléctricos en el mundo por tipos entre 2015 y 2021*

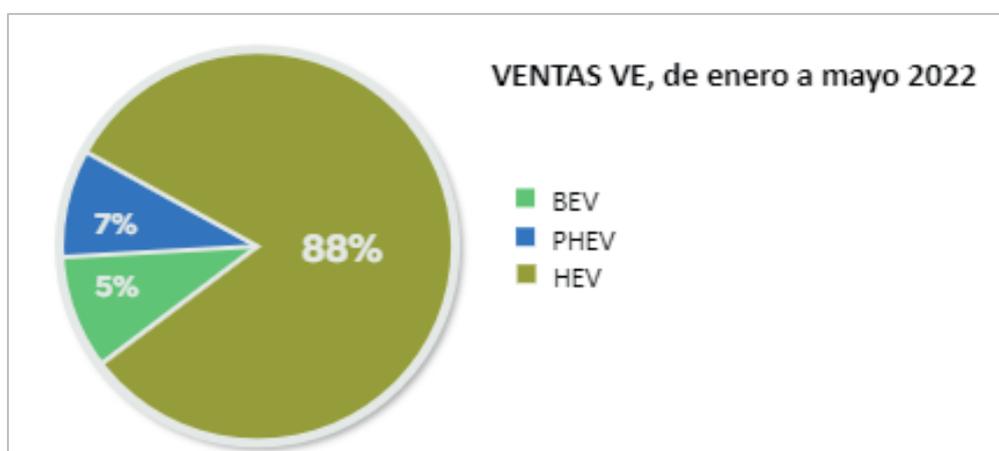


*Nota.* Extraído de AEDIVE Perú

En el Perú, como se observó en la Figura 4, el crecimiento del mercado de vehículos eléctricos es bueno y sigue en aumento, pero para ahondar un poco más, se presenta en la Figura 18 cómo se ha repartido la venta de vehículos eléctricos según el tipo:

**Figura 18**

*Ventas de VE en Perú por tipos*



*Nota.* Extraído de AEDIVE Perú

Se aprecia que el más popular es el HEV (Vehículo híbrido convencional) con más de la mitad del mercado, seguido por el PHEV (Vehículo híbrido enchufable), esta gran popularidad de los vehículos híbridos en el Perú en comparación a las otras partes del mundo se debe a la reducida infraestructura implementada que hay para cargar vehículos eléctricos puros.

## **2.3 Desafíos y avances tecnológicos recientes**

### **2.3.1 Desafíos**

Si bien es cierto que los vehículos eléctricos están ganando popularidad en estos últimos tiempos, aún hay obstáculos que impiden que se les considere como una alternativa viable a los vehículos de combustión interna. Entre los grandes desafíos que se enfrentan se pueden mencionar:

**2.3.1.1 Elevados costos.** A pesar de que los vehículos eléctricos pueden resultar más económicos en cuestiones de mantenimiento que los de combustión interna, el costo inicial es muy superior por lo que no es apto para todo el mundo. Este costo se debe en gran medida a las baterías, que como en cualquier tecnología en constante desarrollo, reducirá sus costos a medida que se consiga un incremento en su producción, a partir de un incremento en la demanda, lo cual está directamente relacionado con la adecuada infraestructura de carga en el país e incentivos gubernamentales que motiven a las personas a decidirse por un VE, tal como ya se ve China y algunos países de Europa.

**2.3.1.2 Autonomía.** Otro de los grandes desafíos a los que aún se enfrentan los vehículos eléctricos es a su autonomía. Los vehículos híbridos tienen una ventaja en este aspecto debido a que cuentan con el respaldo de los motores de combustión; sin embargo, en los vehículos eléctricos a pesar de que últimamente hay modelos que ofrecen entre 400 a 500 km de autonomía como se ve en la Figura 19, estos aun no son lo más comunes de ver, y a pesar de ello son limitados para los usuarios que recorren largas distancias cotidianamente. Esto se puede mejorar innovando en la tecnología de las baterías, aumentando su capacidad, así como desarrollando las tecnologías de carga rápida ya que esto puede reducir significativamente los tiempos de carga, algo esencial para hacer que sean más prácticos para los conductores; también es importante realizar mejoras en la eficiencia energética de los vehículos, mediante la mejora de la aerodinámica, la reducción del peso, la mejora de la eficiencia del motor eléctrico y el aumento de la densidad energética de las baterías.

Figura 19

*Autonomía de algunos vehículos eléctricos puros*

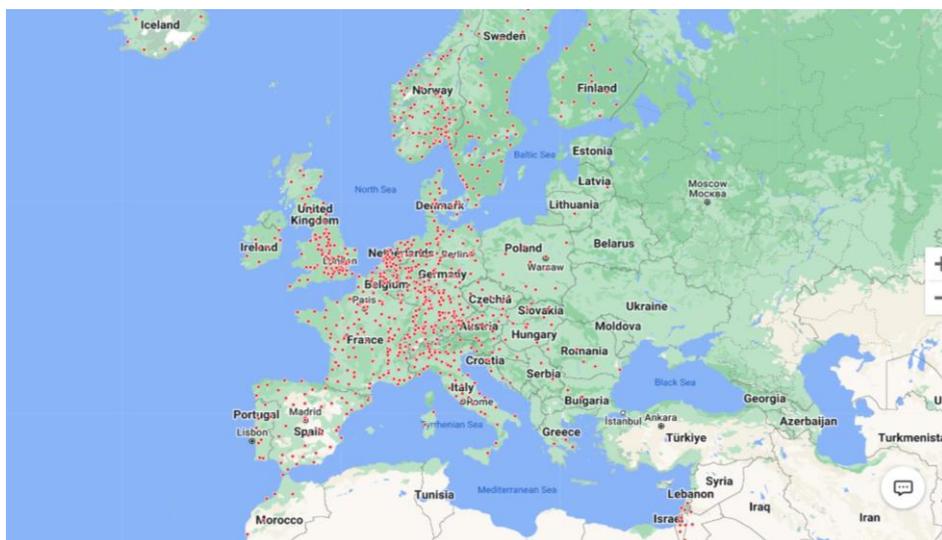


*Nota.* Extraído de Motor 1 (Guzman, 2018)

**2.3.1.3 Infraestructura de carga.** La infraestructura de carga también es un desafío crítico, que ligado al con el problema anterior, pues si los vehículos no tienen adecuada autonomía y si a eso se le suma que no hay muchos lugares donde cargarlos, se limita la capacidad de los conductores de utilizar vehículos eléctricos como una alternativa viable. En países como China o en algunos sitios de Europa esto ya está mejorando como se muestra en la Figura 20, ya sea por medidas gubernamentales o inversión extranjera; sin embargo, en países en vías de desarrollo aún están lejos de lo ideal para sustentar el uso prolongado de los vehículos eléctricos; considerando además, lo costoso que puede ser para los propietarios de estaciones de carga, instalarlas y mantenerlas dentro de un mercado que aún se encuentra en crecimiento.

Figura 20

*Distribución de cargadores rápidos de Tesla en Europa y Norte de África*



*Nota.* Extraído de Tesla (Tesla, s.f.)

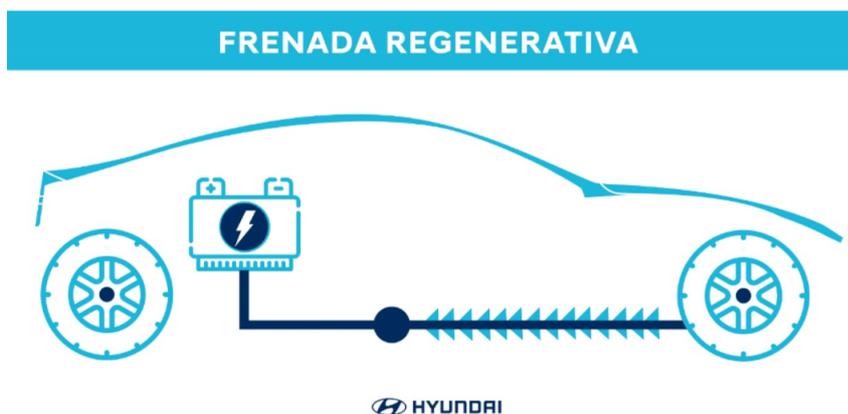
### 2.3.2 Avances

Entre los grandes avances tecnológicos sobre los vehículos eléctricos se puede mencionar:

**2.3.2.1 Frenos regenerativos.** La autonomía de los vehículos eléctricos es un factor crítico como ya se ha mencionado, por lo que el uso de frenos regenerativos es una buena alternativa para superar este inconveniente. En un auto convencional el uso de frenos, hidráulicos en su mayoría, ocasiona una pérdida de energía cinética al convertirse en calor y ser disipada. El uso de frenos regenerativos ayuda a que parte de esa energía cinética se recupere en el motor, que actúa como generador durante el tiempo de frenado, transformándola en energía eléctrica que posteriormente será almacenada nuevamente en las baterías, tal y como se muestra en la Figura 21. En promedio, se estima que se puede recuperar entre un 8 y un 25% de la energía perdida (Yoong et al., 2010), y se espera que esta tecnología siga perfeccionándose con el tiempo.

**Figura 21**

*Esquema de mecanismo de frenado regenerativo*



*Nota.* Extraído de Zona Eco (2021)

**2.3.2.2 Estaciones de carga super rápidas.** Son estaciones de carga que cuentan con cargadores super rápidos. Son de mucha utilidad ya que permiten disminuir considerablemente el tiempo de carga, aunque aún está lejos de uno de combustión interna. Como ya se ha mencionado existen actualmente estándares de carga como CCS2 y el GB/T, que permiten cargas de vehículos de gran capacidad en corto tiempo; sin embargo estas aún no son muy eficientes ya que al intentar transferir mucha energía, hay pérdidas en forma de calor; además aumentan la demanda de energía eléctrica local, lo que puede ocasionar grandes inconvenientes con la red. Esta es la razón por la que están desarrollando estaciones que puedan ser abastecidos por energías renovables, el cual es el propósito de este trabajo. En la Figura 22 se muestran los super cargadores de Tesla.

**Figura 22***Super cargadores Tesla*

*Nota.* Extraído de Tesla (s.f.)

## **2.4 Impacto en el medio ambiente de los EV**

Los vehículos eléctricos (EV) se han promocionado como una solución a los problemas ambientales causados por los vehículos de combustión interna. El uso de vehículos eléctricos puede ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la contaminación del aire y la dependencia de recursos finitos como el petróleo. Los productos derivados de la combustión de un motor son principalmente CO (monóxido de carbono), CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), O<sub>2</sub> (oxígeno), hidrocarburos no quemados (HC), nitrógeno, agua y otros, y en ciertas condiciones, NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno), siendo el CO<sub>2</sub> el gas de efecto invernadero más importante de los mencionados.

El impacto ambiental de los vehículos eléctricos está íntimamente ligado a la matriz energética con la que se operan. Una de las principales ventajas de los EV es su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Al reemplazar los vehículos que funcionan con combustibles fósiles, los vehículos eléctricos pueden ayudar a reducir la cantidad de dióxido de carbono que se libera a la atmósfera. Sin embargo, la medida en que los vehículos eléctricos pueden reducir las emisiones depende de la fuente de energía de la que se alimentan. Si la electricidad utilizada para cargar los vehículos eléctricos proviene de centrales eléctricas térmicas de carbón o gas, la reducción de emisiones es limitada. Por otro lado, si la electricidad utilizada para cargar los vehículos eléctricos proviene de fuentes de energía renovables como la eólica, la solar o la hidráulica, la reducción de emisiones será significativa.

Otro aspecto importante del impacto ambiental de los vehículos eléctricos es la producción de los propios vehículos y baterías. El proceso de producción de vehículos eléctricos y baterías requiere el uso de materias primas y energía, y el proceso de producción puede generar emisiones y otros impactos ambientales. Por ejemplo, la fabricación de baterías de iones de litio utilizadas en vehículos eléctricos requiere el uso de minerales como el cobalto y el níquel, que pueden tener impactos ambientales y sociales cuando se extraen.

Para maximizar los beneficios ambientales de los vehículos eléctricos, es importante considerar todo el sistema energético, incluida la fuente de electricidad utilizada para operarlo, el proceso de producción de vehículos eléctricos y baterías, y la infraestructura de carga utilizada para respaldarlos. Para poder conseguirlo, los gobiernos y los líderes de la industria deben trabajar juntos para ejecutar la transición a un sistema de energía bajo en carbono basado en fuentes de energía renovable. Esto requiere inversiones en tecnologías de energía renovable, infraestructura de red e infraestructura de carga, así como medidas para fomentar la adopción de vehículos eléctricos.





## Capítulo 3

### Integración de energías renovables en la infraestructura de carga

#### 3.1 Diseño de la estación de carga de EV

Siguiendo los objetivos planteados, para diseñar la estación de carga se busca una energía renovable aprovechable y que esté en auge, y así es como la energía solar mediante el uso paneles solares se muestra como una opción viable; sin embargo, al ser una fuente de energía intermitente es indispensable que cuente con un banco de baterías para almacenar energía cuando está no se esté utilizando. Posteriormente, queda definir si se quiere depender de la red local en alguna medida o no, para este caso se opta con que sea 100% independiente de la misma, por lo que una fuente de energía extra es necesaria y un grupo electrógeno es una buena opción.

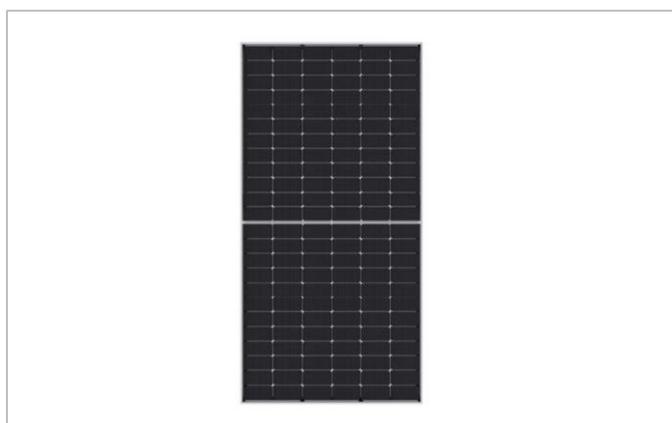
A continuación, se detallan los equipos a utilizar:

##### 3.1.1 Panel solar fotovoltaico

Se ha tomado como panel fotovoltaico (Figura 23) uno monocristalino de tipo N, cuenta con un grado de protección IP68, es delgado y el panel frontal cuenta con una alta transmisión, con protección anti reflectiva, vidrio templado, y el equipo cuenta con buenas garantías para una larga duración. Ver datos técnicos en el Anexo 1.

#### Figura 23

*Panel solar fotovoltaico*



*Nota.* Extraído de Jinko solar (Jinko Solar, s.f.)

### 3.1.2 Banco de baterías

Para el banco de baterías se recomienda escoger baterías con alto amperaje y que se puedan conectar en serie para obtener valores altos de tensión DC, debido a que, de este modo, la corriente y tasa de carga es elevada y se puede aprovechar una fuente externa que brinde una potencia elevada para cargar las baterías en poco tiempo. En la Figura 24 se muestra un banco de baterías. Ver datos técnicos en el Anexo 2.

**Figura 24**

*Banco de baterías*



*Nota.* Extraído de Ates Power (Atess Power, s.f.)

### 3.1.3 Grupo electrógeno

Para el grupo electrógeno, este debe contar principalmente con una potencia necesaria para solventar la totalidad del sistema y alimentar al banco de baterías, se necesita que sea fiable. Además, que presente una buena eficiencia con relación al consumo del combustible y que posea buenos sistemas de protección. En la Figura 25 se muestra un grupo electrógeno CAT.

**Figura 25**

*Grupo electrógeno*



*Nota.* Extraído de Ferreyros (Ferreyros, s.f.)

### 3.1.4 Cargador

Una vez definido como se va a alimentar el cargador, el siguiente paso sería analizar el tipo de cargador a utilizar. Según la investigación realizada, un cargador de modo 3 es una buena opción ya que es un tipo de carga rápida y no consume mucha energía como uno de modo 4, lo que lo vuelve más rentable para ser 100% independiente de la red. El cargador escogido es uno de 20 kW de potencia, marca ATSS modelo EVD-20s (Figura 26). Al ser de modo 3, éste recibe energía eléctrica en corriente alterna (400 VAC), pero lo entrega en corriente continua (150 – 1000 V) y además proporciona una corriente de carga de 50 A. Ver datos técnicos en Anexo 3.

**Figura 26**

*Cargador de modo 3 ATSS modelo EVD-20s*



*Nota.* Extraído de Ates Power (Atess Power, s.f.)

## 3.2 Modos de operación

A continuación, se explican los modos de carga del sistema planteado. Teniendo en cuenta la siguiente nomenclatura:

$P_{EC}$ = Potencia de Estación de Carga

$P_{PS}$ = Potencia de Paneles Solares

$P_{EV}$ = Potencia de Electro vehículo

$P_{BAT}$ = Potencia de Baterías

$P_{GE}$ = Potencia de Grupo electrógeno

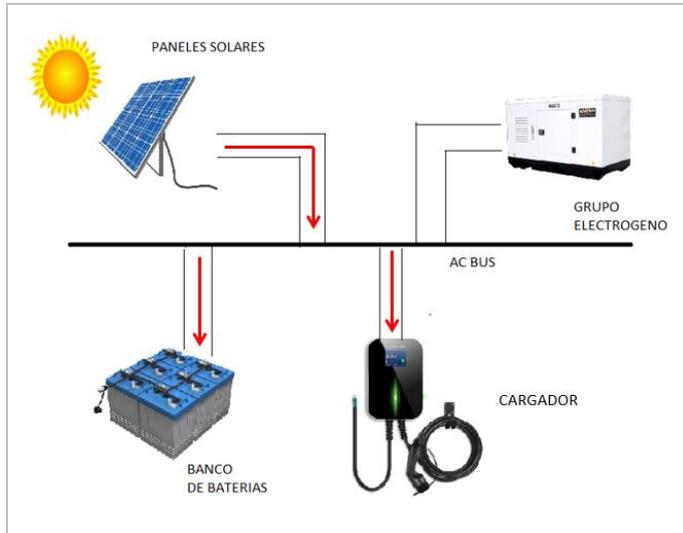
### 3.2.1 Modo 1

En el modo 1 (Figura 27), la energía proporcionada por los paneles solares es suficiente para abastecer al cargador y además puede cargar el banco de baterías, este caso normalmente se da en horas pico, donde la irradiancia del sol es considerablemente alta.

$$P_{EC} = P_{PS} - P_{EV} - P_{BAT} \quad (1)$$

**Figura 27**

*Representación gráfica del modo 1*



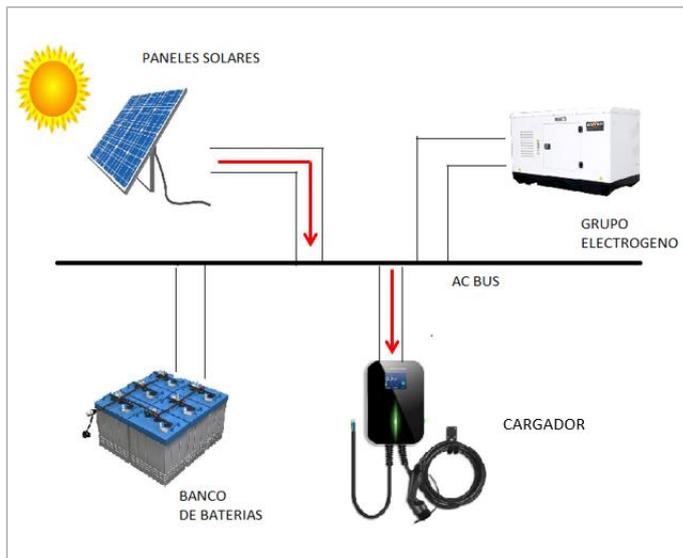
### 3.2.2 Modo 2

En el modo 2 (Figura 28), la energía proporcionada por los paneles solares es suficiente para abastecer únicamente al cargador, este caso se puede dar en 2 circunstancias, la primera es en bajas o altas horas del día, donde la irradiancia del sol no es elevada y solo puede abastecer al cargador, y la segunda opción es que se de en horas pico del día, pero las baterías ya están completamente cargadas.

$$P_{EC} = P_{PS} - P_{EV} \quad (2)$$

**Figura 28**

*Representación gráfica del modo 2*



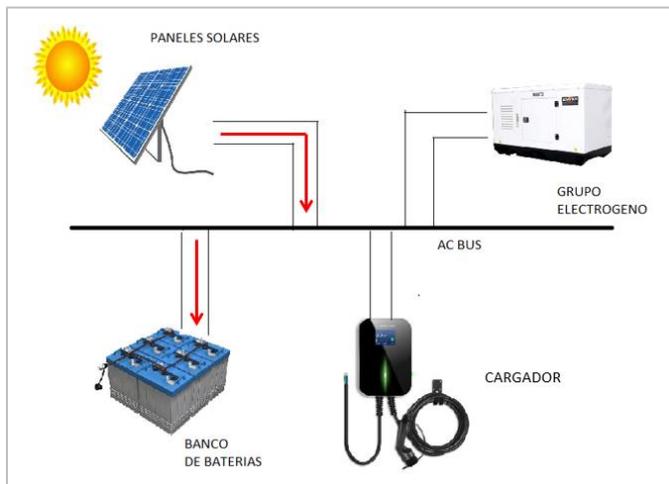
### 3.2.3 Modo 3

El modo 3 (Figura 29) es similar al modelo 2, salvo que en esta ocasión solo hay una posibilidad, ya que, aunque sea en hora pico o en hora alta o baja del día, este modo solo se lleva a cabo cuando el cargador no está siendo utilizado, por lo cual la energía se utiliza para cargar el banco de baterías.

$$P_{EC} = P_{PS} - P_{BAT} \quad (3)$$

**Figura 29**

*Representación gráfica del modo 3*



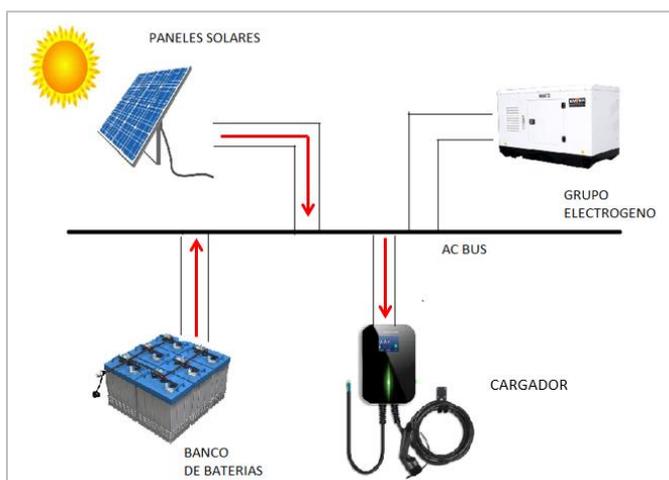
### 3.2.4 Modo 4

El modo 4 (Figura 30) también es similar al modelo 2, con el detalle de que la energía obtenida mediante los paneles solares no es suficiente para abastecer al cargador, por lo cual es necesario utilizar las baterías para que puedan satisfacer la demanda en ese momento.

$$P_{EC} = P_{PS} + P_{BAT} - P_{EV} \quad (4)$$

**Figura 30**

*Representación gráfica del modo 4*



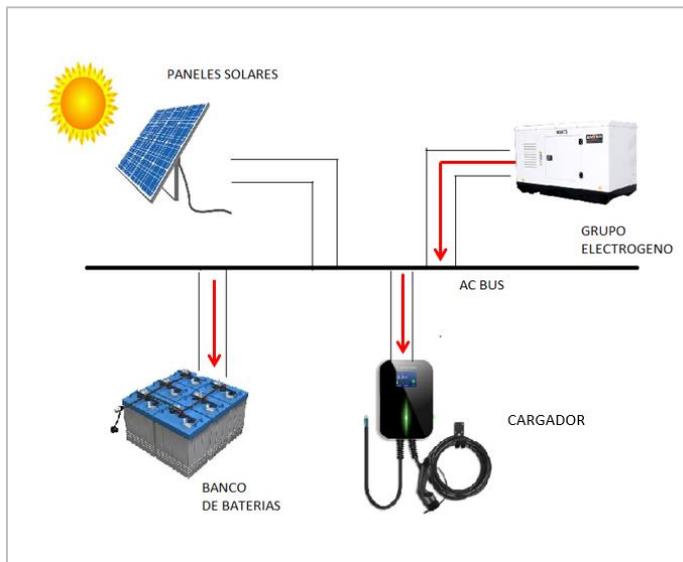
### 3.2.5 Modo 5

El modo 5 (Figura 31) consiste en que el grupo electrógeno abastece al cargador mientras esté en funcionamiento y el banco de baterías se encuentre por debajo de su estado de carga mínimo. Este modo se dará normalmente por las noches, cuando ya no se pueda obtener energía de los paneles solares y, otro caso es cuando el sistema de paneles solares sufra alguna avería.

$$P_{EC} = P_{GE} - P_{BAT} - P_{EV} \quad (5)$$

**Figura 31**

*Representación gráfica del modo 5*

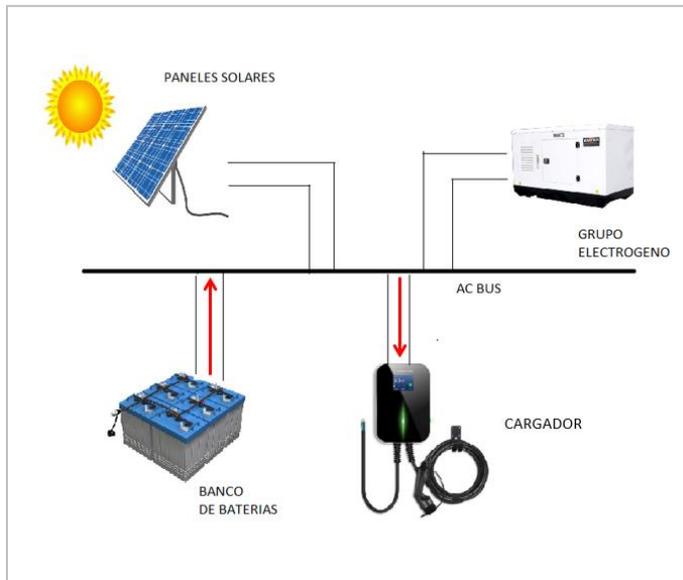


### 3.2.6 Modo 6

En este modo el banco de baterías abastece al cargador mientras el banco se encuentre entre su estado de carga mínimo y al 100% de su capacidad. Una vez que el nivel del banco de baterías salga de este intervalo, se regresa al modo 5. A continuación se presenta la representación del grupo 6 en la Figura 32:

**Figura 32**

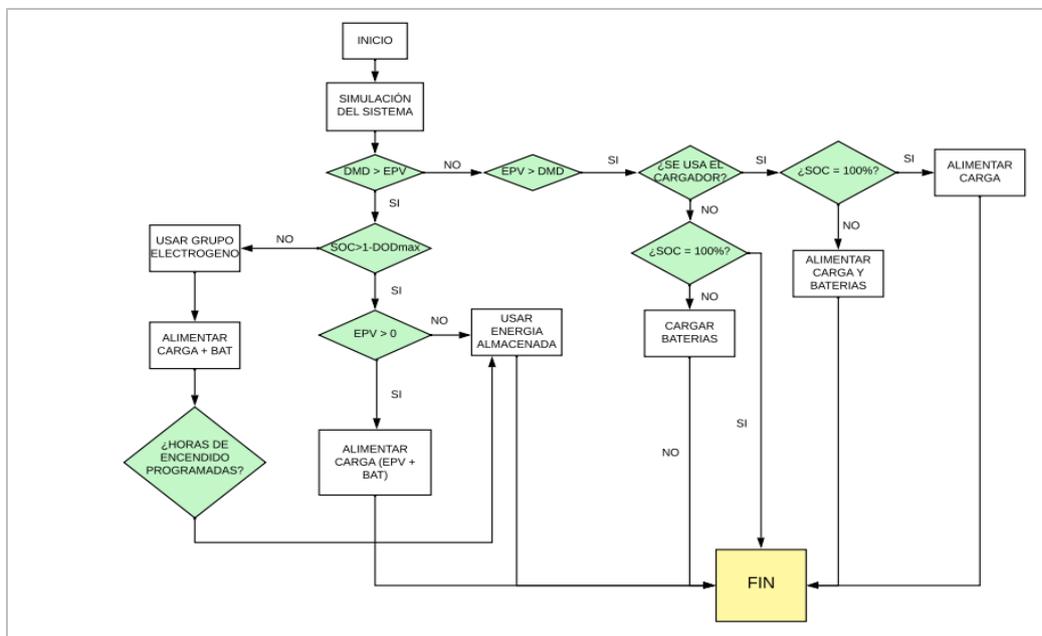
Representación gráfica del modo 6



A continuación, se presenta el diagrama de flujo en la Figura 33, el cual resume la lógica del sistema propuesto y están presentes los 6 modos de funcionamiento:

**Figura 33**

Diagrama de flujo del sistema

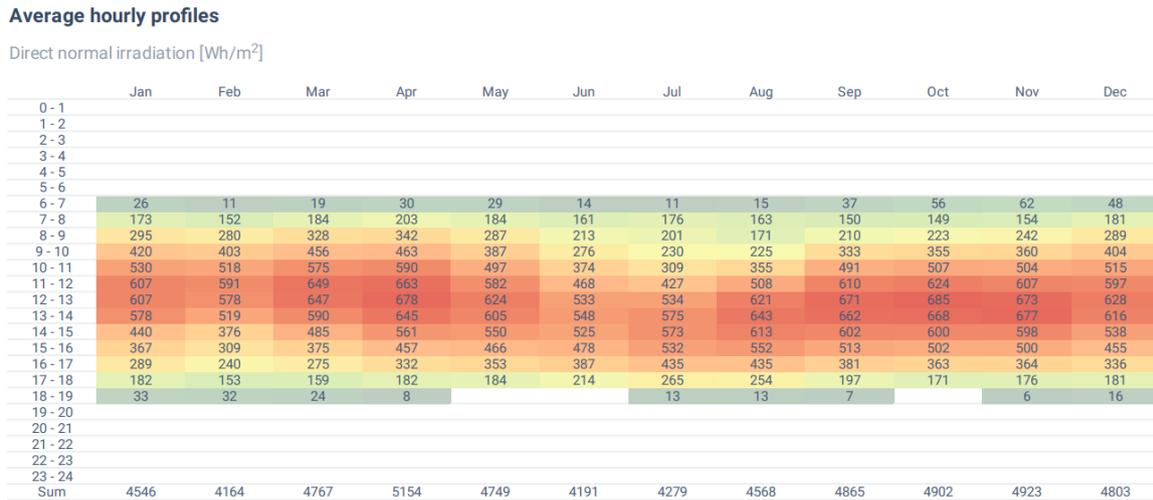


Ya planteados los modos de operación, el diagrama de flujo y los equipos principales, para dimensionar el sistema se considera lo siguiente:

Para importar la data de radiación se utiliza la página web Global Solar Atlas (Solargis, 2023), referente a la ciudad de Piura y se muestra en la Figura 34:

**Figura 34**

*Radiación mensual a lo largo del año. Ciudad de Piura*



*Nota.* Extraído de Global Solar Atlas (Solargis, 2023)

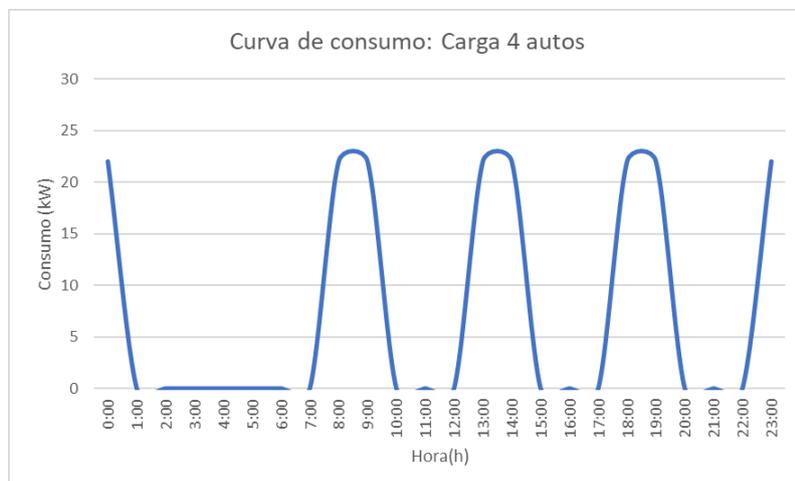
En el caso de un sistema aislado, se debe considerar el escenario de diseño del “peor mes” que corresponde al mes donde la relación IRRADIANCIA/CONSUMO es menor, en el caso de un sistema de consumo constante a lo largo del año, como en este caso, se debe utilizar el valor de radiación mensual más desfavorable.

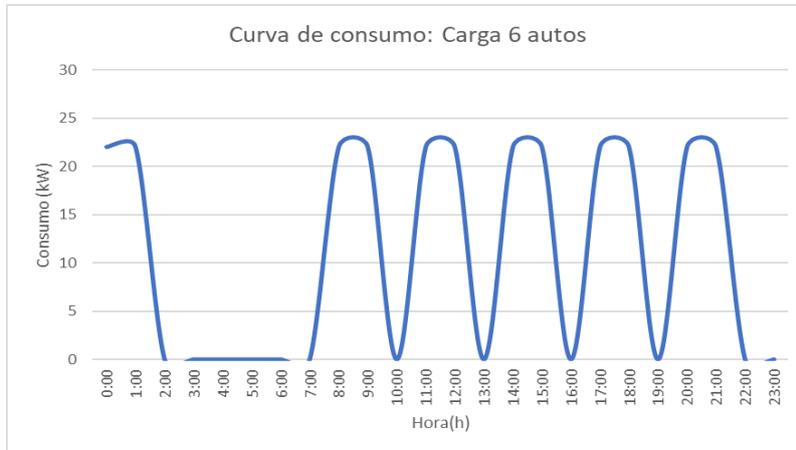
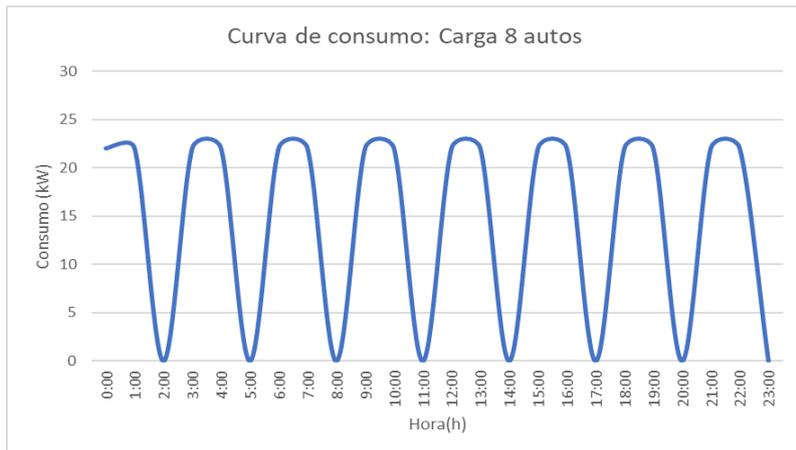
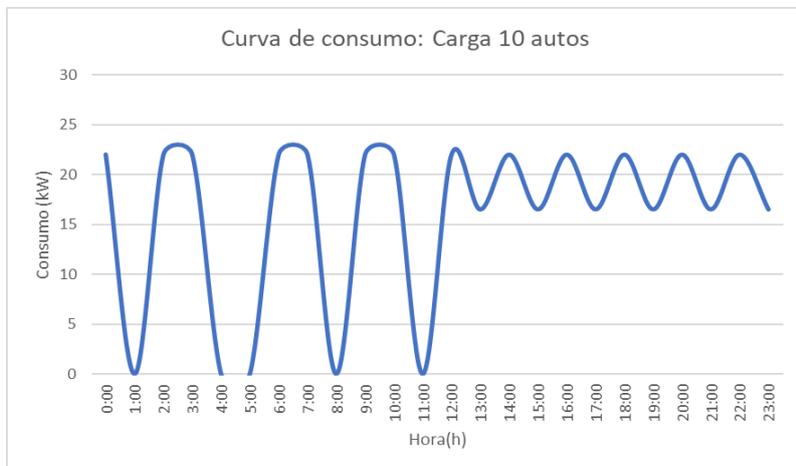
Según la data meteorológica brindada por el GLOBAL SOLAR ATLAS, la radiación más desfavorable corresponde al mes de febrero, cuyo valor de radiación directa en el plano horizontal es de 4,164 Wh/m<sup>2</sup>/día.

Para el comportamiento de la carga de vehículos eléctricos, se han planteado curvas prediseñadas si se cargan 4, 6, 8, 10 o 12 EV al día, como se muestran a continuación en la Figura 35, Figura 36, Figura 37, Figura 38 y Figura 39, respectivamente.

**Figura 35**

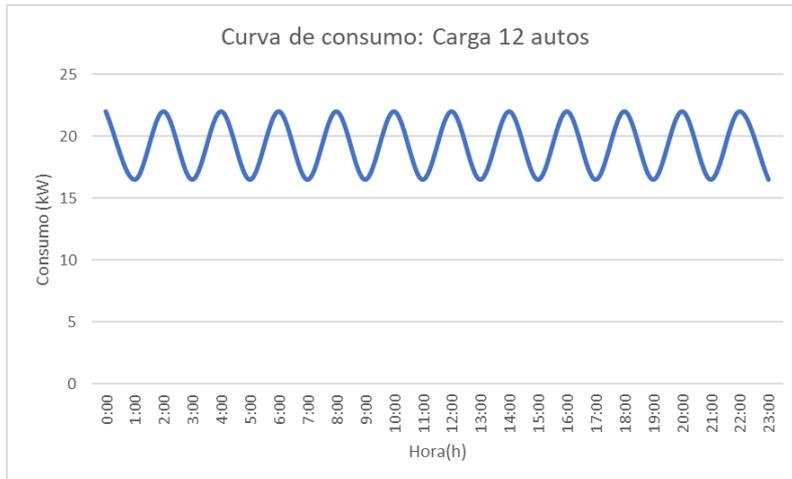
*Curva de consumo: Carga de 4 autos a lo largo del día*



**Figura 36***Curva de consumo: Carga de 6 autos a lo largo del día***Figura 37***Curva de consumo: Carga de 8 autos a lo largo del día***Figura 38***Curva de consumo: Carga de 10 autos a lo largo del día*

**Figura 39**

*Curva de consumo: Carga de 12 autos a lo largo del día*



Las curvas se han obtenido sacando un promedio de tiempo de carga dependiendo de la cantidad de vehículos eléctricos, el tipo de cargador escogido y el tiempo que podrían tomar en cargar estos vehículos eléctricos, no necesariamente una carga completa. Las curvas de consumo cambian si la potencia es distinta a la potencia base con la que se construyeron en su momento las curvas.

Se definen los datos del sistema fotovoltaico como la potencia pico unitaria de los paneles solares, el factor de rendimiento de la instalación fotovoltaica (PR), un factor de seguridad (FS) y la energía total que consume el sistema al día.

Conociendo estos datos, se puede calcular la potencia fotovoltaica requerida para la instalación. Debido a que no se espera que genere algún impacto en la red, se está aplicando la siguiente fórmula que aplica para sistemas Off-Grid:

$$P_{FV} = \frac{E_D \times G_{CEM}}{G_{DM} \times PR} \quad (7)$$

Donde,

$E_D$ : Demanda diaria de energía

PR: Factor de rendimiento de la instalación

$G_{CEM}$ : Irradiancia de referencia

$G_{DM}$ : Radiación directa en el plano horizontal

Extraído de Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2009)

A continuación, para hallar la cantidad total de baterías necesarias; como primer paso se encuentra el % de uso de energía de noche para poder conocer que comportamiento tiene la carga durante las horas que no está presente la energía fotovoltaica. En este caso se recomienda escoger baterías con alto amperaje y que se puedan conectar en serie para obtener valores altos de tensión DC, debido a que, de este modo, la corriente y tasa de carga es elevada y se puede aprovechar una fuente externa que brinde una potencia elevada para cargar las baterías en poco tiempo.

Se agregan los datos de las baterías seleccionadas como su tensión nominal, profundidad de descarga máxima, la eficiencia del controlador, la eficiencia de las baterías, su amperaje y el factor de seguridad. Debido a que las baterías trabajan en serie se puede encontrar la tensión de trabajo para nuestro sistema y hallar la cantidad total de baterías necesarias, utilizando la siguiente ecuación:

$$V_{SIST} = \frac{E_D \times FDD_{BAT} \times FS_{AUT}}{A_{SIST} \times DOD_{MAX} \times \eta_{CONT} \times \eta_{BAT}} \quad (8)$$

Donde,

$E_D$ : Demanda diaria de energía

$FDD_{BAT}$  : Fracción de demanda directa de energía del banco de baterías

$FS_{AUT}$ : Factor de seguridad de autonomía

$DOD_{MAX}$ : Profundidad de descarga máxima

$\eta_{CONT}$ : Eficiencia del controlador

$\eta_{BAT}$ : Eficiencia de la batería

Extraído de Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2009)

Además, para optimizar el dimensionamiento del sistema, está la opción de agregar un grupo electrógeno y lograr reducir la cantidad resultante de paneles fotovoltaicos y baterías. Para este proceso, debido a que no es automático, se puede ir iterando con cantidades menores a las obtenidas con las fórmulas anteriores y escoger la mejor opción.

Por último, uno de los parámetros a evaluar con un sistema con grupo electrógeno es la generación de kg de CO<sub>2</sub> del sistema propuesto en comparación con un sistema conectado netamente a la red eléctrica. Se utilizarán los siguientes factores de emisión de kg CO<sub>2</sub> de la Tabla 2:

**Tabla 2***Factor de emisión de Kg de Dióxido de Carbono*

Factores de emisión de kgCO <sub>2</sub>		
Energético	Factor	Unidades
Electricidad	0.4119	kgCO <sub>2</sub> /kWh
GLP	2.75	kgCO <sub>2</sub> /kg
Diesel	9.7	kgCO <sub>2</sub> /galón
Gasolina	7.9	kgCO <sub>2</sub> /galón
Leña	1.7	kgCO <sub>2</sub> /kg

*Nota.* Extraído de Ficha informativa de Huella de Carbono MINEM (Ministerio de Energía y Minas)

### 3.3 Impacto en la red de la carga de EV

Para no generar conflictos en la red, como se ha mencionado anteriormente, la infraestructura de la estación de carga de vehículos eléctricos será completamente independiente de la red. Se puede conectar el sistema a la red, pero los componentes dimensionados están en la capacidad de suplir y mantener completamente a la estación de carga.

### 3.4 Simulación y resultados

Para simular el comportamiento del sistema se ha desarrollado un algoritmo en el software Matlab (Apéndice 1) el cual nos ayudará a visualizar y obtener los resultados del dimensionamiento.

Los datos de simulación 1 se presentan en la Tabla 3:

**Tabla 3***Datos para la primera simulación*

Data	Valor
Radiación	Ciudad de Piura
Cargador EV	20 kW
Panel fotovoltaico	585Wp
Batería	V=51.2V, A=280Ah
Cantidad de EV al día	6
Grupo electrógeno	No
Factor de rendimiento (PR)	0.7
Factor de seguridad FV	1.1
Eficiencia del controlador	0.98
Eficiencia de la batería	0.98

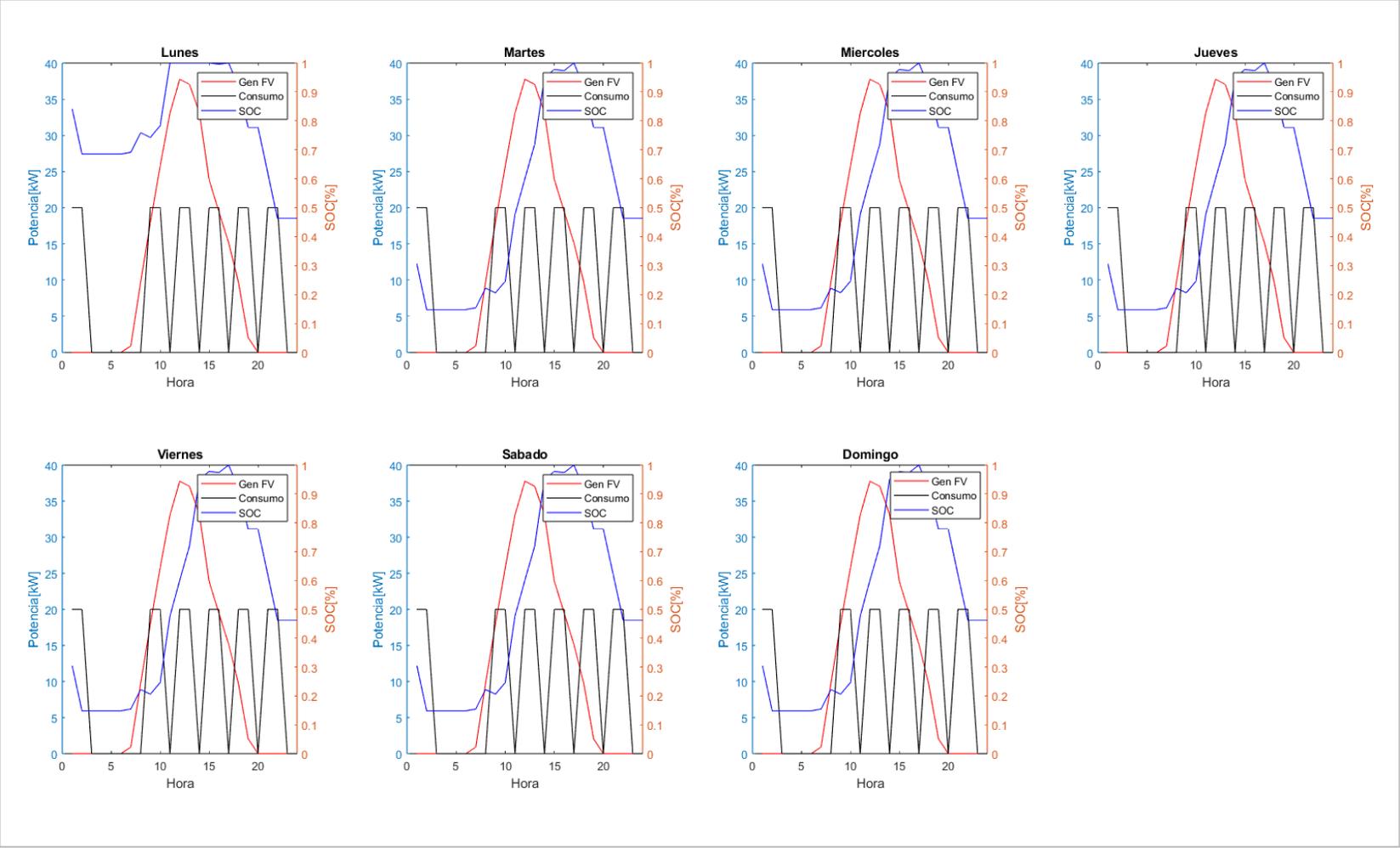
Data	Valor
SOC min	10%
Caída de tensión en conductores	2%
Días de simulación	7

Se obtienen los siguientes resultados:



Figura 40

Curva de consumo, Generación PV y SOC obtenidas de la primera simulación



El dimensionamiento del sistema arroja lo mostrado en la Figura 41:

### Figura 41

*Resultado arrojado por Matlab en la primera simulación*

```

Cálculo de estación de carga de EV con energías renovables
-----
La data de irradiación esta por defecto en la ciudad de Piura, si se desea en otra ubicación
cambiar el excel de radiación solar
Para facilidad, usar la pagina Solar Global Atlas y descargar el reporte en archivo excel
Dejar con el nombre GSA_Report.xlsx
-----
Ingresar la potencia del cargador EV [kW]: 20
Escoger entre 4 , 6, 8, 10 y 12 autos al dia
Ingresar la cantidad estimada de autos que podrian llegar a cargar a lo largo del dia: 6
OK
El numero de paneles fotovoltaicos de 585Wp necesarios son: 156 paneles
El área necesaria para los paneles fotovoltaicos es: 402.987312 m2
La capacidad necesaria del banco de baterias es: 135 [kWh]

```

En la Figura 40, se observa el comportamiento del sistema de carga de seis vehículos eléctricos implementado con una infraestructura basada en energías renovables; en total con 156 paneles y 135 kWh de capacidad del banco de baterías tal como se muestra en la Figura 41. La curva de color negro muestra el comportamiento de la carga; la curva de color rojo, la generación fotovoltaica y la curva de color azul, el estado de carga de las baterías.

Este sistema está correctamente dimensionado debido a que en ninguno de los días llega a descargarse la batería, ni siquiera llega a su estado de carga mínimo establecido, pero se puede optimizar el sistema reduciendo la cantidad de paneles fotovoltaicos y de baterías, agregando un grupo electrógeno para que encienda un período corto de tiempo cuando las baterías lleguen a su estado de carga mínimo. Para llegar a la cantidad óptima, el algoritmo puede iterar las veces necesarias hasta llegar a un resultado satisfactorio.

Como datos de referencia se pueden tomar valores inferiores a los obtenidos en la primera simulación.

Los datos simulación 2 se muestran en la Tabla 4:

**Tabla 4**

*Datos para la segunda simulación*

Data	Valor
Radiación	Ciudad de Piura
Cargador EV	20 kW
Panel fotovoltaico	585Wp
Batería	V=51.2V, A=280Ah
Cantidad de EV al día	6
Grupo electrógeno	Si
Grupo electrógeno	75 kVA
Factor de potencia del grupo	0.8

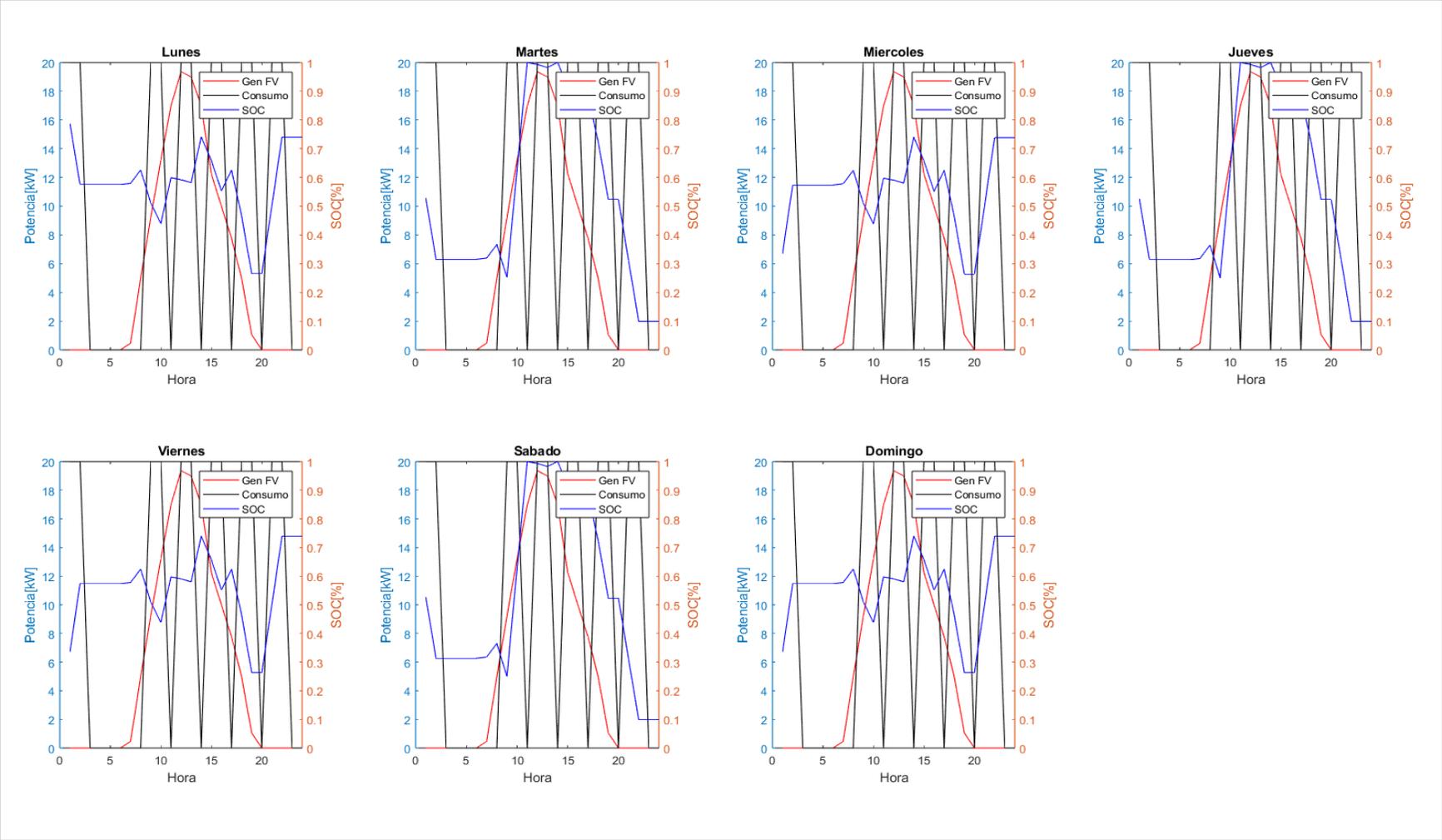
Data	Valor
Capacidad de trabajo	75%
Factor de rendimiento (PR)	0.7
Factor de seguridad FV	1.1
Eficiencia del controlador	0.98
Eficiencia de la batería	0.98
SOC min	30%
Caída de tensión en conductores	2%
Días de simulación	7
Cantidad de paneles solares	80
Nueva capacidad del banco de baterías	100 kWh

Se obtienen los siguientes resultados:



Figura 42

Curva de consumo, Generación PV y SOC obtenidos de la segunda simulación



La simulación del sistema arroja lo siguiente:

**Figura 43**

*Resultado arrojado por Matlab en la segunda simulación*

```

Cálculo de estación de carga de EV con energías renovables
-----
La data de irradiación esta por defecto en la ciudad de Piura, si se desea en otra ubicación
cambiar el excel de radiación solar
Para facilidad, usar la pagina Solar Global Atlas y descargar el reporte en archivo excel
Dejar con el nombre GSA_Report.xlsx
-----
Ingresar la potencia del cargador EV [kW]: 20
Escoger entre 4 , 6, 8, 10 y 12 autos al dia
Ingresar la cantidad estimada de autos que podrian llegar a cargar a lo largo del dia: 6
OK
El numero de paneles fotovoltaicos de 585Wp necesarios son: 156 paneles
El área necesaria para los paneles fotovoltaicos es: 402.987312 m2
La capacidad necesaria del banco de baterias es: 135 [kWh]
Estas satisfecho con los resultados, escribe SI o NO: NO
-----
Para disminuir la cantidad de paneles y baterias, se recomienda agregar un grupo electrogeno,
de esta manera se puede encender un numero de horas especificas si el banco de baterias llega a su
SOC min, el cual puede estar entre 10% y 50% (0.1-0.5)
-----
Ingresar la nueva cantidad de paneles fotovoltaicos: 80
Ingresar nueva capacidad de baterias[kWh]: 100
Para este caso se recomienda un grupo electrogeno de 75 KVA, 0.8 FP y trabaja al 75% de su potencia nominal
Ingresar las horas de encendido programadas para el grupo electrogeno: 2
El área necesaria para los paneles fotovoltaicos es: 206.660160 m2
El grupo enciende 10 veces a la semana, resultando en un total de 20 horas
La cantidad liberada de CO2 a la atmosfera por la utilizacion del grupo electrogeno durante un año es de 27.022476 Ton
La cantidad de CO2 mitigado al año por no usar la red eléctrica es de 35.983584 Ton
La cantidad neta de CO2 mitigado al año por usar el sistema propuesto es de 8.961108 Ton

```

En la Figura 42, se observa el comportamiento nuevo del sistema, pero ahora con un grupo electrógeno. Se aprecia que el estado de carga de la batería es bastante errático y en la Figura 43 el sistema arroja que el grupo enciende en total 20 horas a lo largo de la semana y la diferencia cantidad de CO<sub>2</sub> mitigado no es significativo.

Los datos para la simulación N° 3 se presentan en la Tabla 5:

**Tabla 5**

*Datos para la tercera simulación*

Data	Valor
Radiación	Ciudad de Piura
Cargador EV	20 kW
Panel fotovoltaico	585Wp
Batería	V=51.2V, A=280Ah
Cantidad de EV al día	6
Grupo electrógeno	SI
Grupo electrógeno	75 kVA
Factor de potencia del grupo	0.8
Capacidad de trabajo	75%

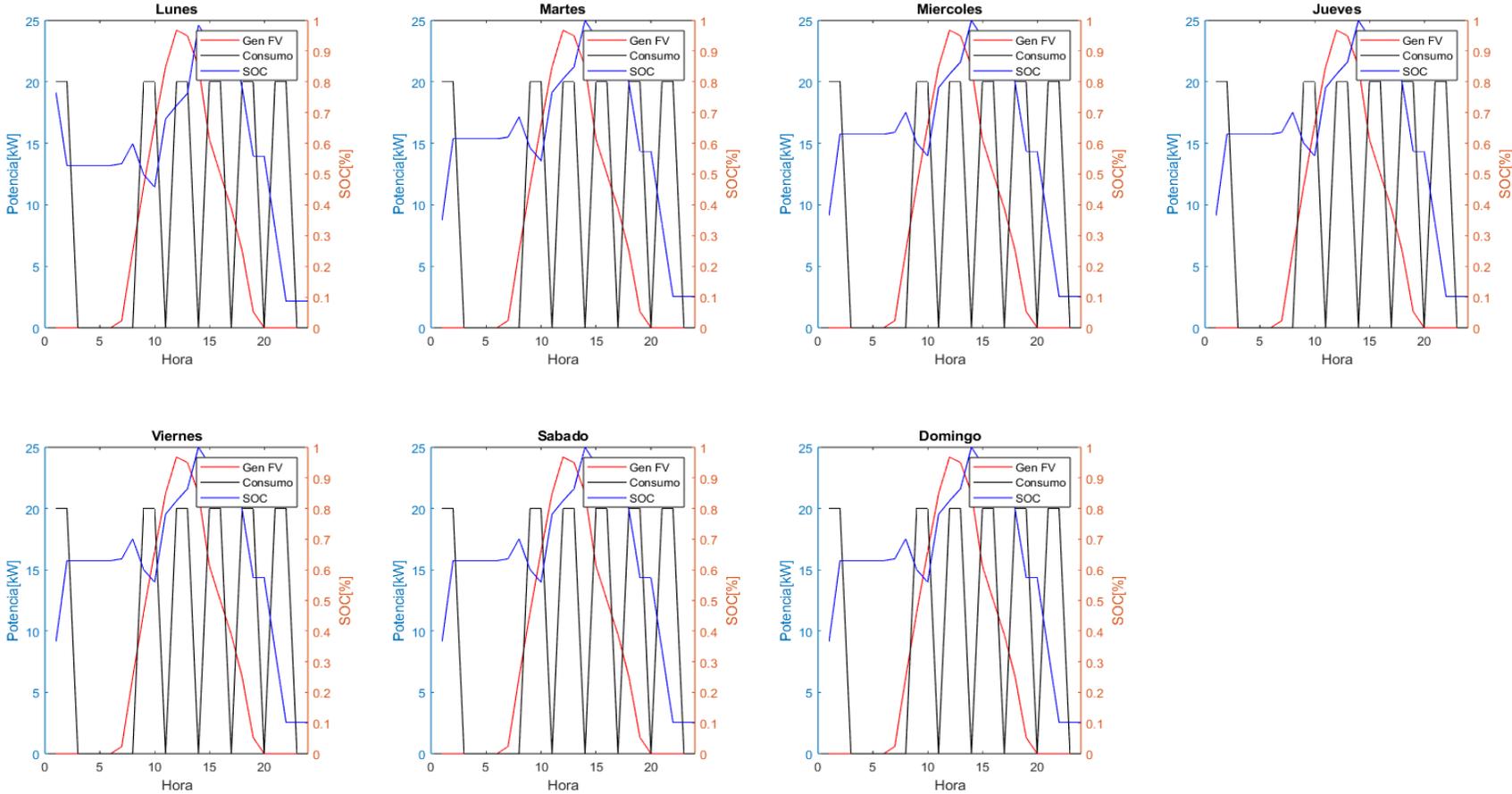
Data	Valor
Factor de rendimiento (PR)	0.7
Factor de seguridad FV	1.1
Eficiencia del controlador	0.98
Eficiencia de la batería	0.98
SOC min	30%
Caída de tensión en conductores	2%
Días de simulación	7
Cantidad de paneles solares	100
Nueva capacidad del banco de baterías	90 kWh

Se obtienen los siguientes resultados:



**Figura 44**

*Curva de consumo, Generación PV y SOC obtenidos de la tercera simulación*



La simulación del sistema arroja los siguientes datos:

**Figura 45**

*Resultados arrojados por Matlab en la tercera simulación*

```

Cálculo de estación de carga de EV con energías renovables
-----
La data de irradiación esta por defecto en la ciudad de Piura, si se desea en otra ubicación
cambiar el excel de radiación solar
Para facilidad, usar la pagina Solar Global Atlas y descargar el reporte en archivo excel
Dejar con el nombre GSA_Report.xlsx
-----
Ingresar la potencia del cargador EV [kW]: 20
Escoger entre 4 , 6, 8, 10 y 12 autos al dia
Ingresar la cantidad estimada de autos que podrian llegar a cargar a lo largo del dia: 6
OK
El numero de paneles fotovoltaicos de 585Wp necesarios son: 156 paneles
El área necesaria para los paneles fotovoltaicos es: 402.987312 m2
La capacidad necesaria del banco de baterias es: 135 [kWh]
Estas satisfecho con los resultados, escribe SI o NO: NO
-----
Para disminuir la cantidad de paneles y baterias, se recomienda agregar un grupo electrogeno,
de esta manera se puede encender un numero de horas especificas si el banco de baterias llega a su
SOC min, el cual puede estar entre 10% y 50% (0.1-0.5)
-----
Ingresar la nueva cantidad de paneles fotovoltaicos: 100
Ingresar nueva capacidad de baterias[kWh]: 90
Para este caso se recomienda un grupo electrogeno de 75 KVA, 0.8 FP y trabaja al 75% de su potencia nominal
Ingresar las horas de encendido programadas para el grupo electrogeno: 2
El área necesaria para los paneles fotovoltaicos es: 258.325200 m2
El grupo enciende 6 veces a la semana, resultando en un total de 12 horas
La cantidad liberada de CO2 a la atmosfera por la utilizacion del grupo electrogeno durante un año es de 16.213486 Ton
La cantidad de CO2 mitigado al año por no usar la red eléctrica es de 35.983584 Ton
La cantidad neta de CO2 mitigado al año por usar el sistema propuesto es de 19.770098 Ton

```

En la Figura 44, se observa que el estado de carga de la batería es mas estable y la batería no supera el estado de carga mínimo que es del 10%. Además, en la Figura 45, se aprecia la cantidad de CO<sub>2</sub> mitigada es mayor y gracias al grupo electrógeno hemos reducido la cantidad total de paneles fotovoltaicos y reducido el área necesaria para la instalación en un 35%.

Los datos para la simulación N° 4 se presentan en la Tabla 6, las gráficas se muestran en la Figura 46:

**Tabla 6**

*Datos para la cuarta simulación*

Data	Valor
Radiación	Ciudad de Piura
Cargador EV	30 kW
Panel fotovoltaico	585Wp
Batería	V=51.2V, A=280Ah
Cantidad de EV al día	10
Grupo electrógeno	SI
Grupo electrógeno	125 kVA
Factor de potencia del grupo	0.8
Capacidad de trabajo	75%

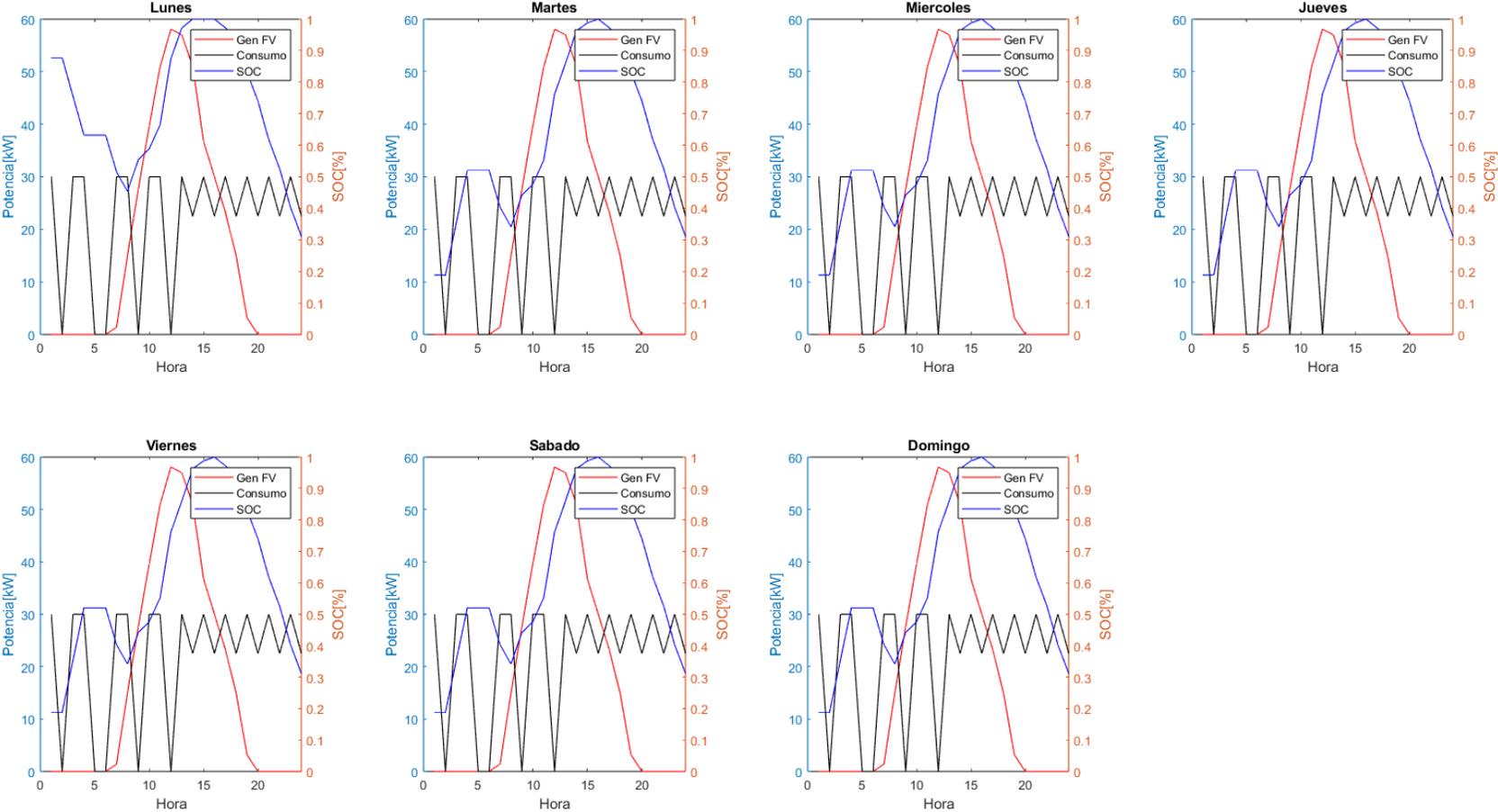
Data	Valor
Factor de rendimiento (PR)	0.7
Factor de seguridad FV	1.1
Eficiencia del controlador	0.98
Eficiencia de la batería	0.98
SOC min	30%
Caída de tensión en conductores	2%
Días de simulación	7
Cantidad de paneles solares	260
Nueva capacidad del banco de baterías	280 kWh

Se obtienen los siguientes resultados:



Figura 46

Curva de consumo, Generación PV y SOC obtenidos de la cuarta simulación



La simulación del sistema arroja los siguientes datos

**Figura 47**

*Resultado arrojado por Matlab en la cuarta simulación*

```

Cálculo de estación de carga de EV con energías renovables
-----
La data de irradiación esta por defecto en la ciudad de Piura, si se desea en otra ubicación
cambiar el excel de radiación solar
Para facilidad, usar la pagina Solar Global Atlas y descargar el reporte en archivo excel
Dejar con el nombre GSA_Report.xlsx
-----
Ingresar la potencia del cargador EV [kW]: 30
Escoger entre 4 , 6, 8, 10 y 12 autos al día
Ingresar la cantidad estimada de autos que podrían llegar a cargar a lo largo del día: 10
OK
El número de paneles fotovoltaicos de 585Wp necesarios son: 340 paneles
El área necesaria para los paneles fotovoltaicos es: 878.305680 m2
La capacidad necesaria del banco de baterías es: 342 [kWh]
Estas satisfecho con los resultados, escribe SI o NO: NO
-----
Para disminuir la cantidad de paneles y baterías, se recomienda agregar un grupo electrogeno,
de esta manera se puede encender un número de horas específicas si el banco de baterías llega a su
SOC min, el cual puede estar entre 10% y 50% (0.1-0.5)
-----
Ingresar la nueva cantidad de paneles fotovoltaicos: 240
Ingresar nueva capacidad de baterías[kWh]: 260
Para este caso se recomienda un grupo electrogeno de 75 KVA, 0.8 FP y trabaja al 75% de su potencia nominal
Ingresar las horas de encendido programadas para el grupo electrogeno: 2
El área necesaria para los paneles fotovoltaicos es: 619.980480 m2
El grupo enciende 6 veces a la semana, resultando en un total de 12 horas
La cantidad liberada de CO2 a la atmósfera por la utilización del grupo electrogeno durante una semana es de 581.020800 kg
La cantidad de CO2 mitigado a la semana por no usar la red eléctrica es de 1513.732500 kg
La cantidad neta de CO2 mitigado al año por usar el sistema propuesto es de 48.501008 Ton

```

En esta simulación se ha aumentado la capacidad del cargador de EV a 30kW y la cantidad de vehículos eléctricos al día se ha elevado a 10. En la Figura 47 se puede apreciar que el impacto en el CO<sub>2</sub> mitigado es mucho más significativo, llegando a valores poco menos de una tonelada de CO<sub>2</sub> a la semana, por lo que se verifica que el impacto de colocar un grupo electrogeno es mucho menor mientras más grande sea el sistema.

Se resumen los resultados en la Tabla 7:

**Tabla 7**

*Resumen de los resultados obtenidos en las 4 simulaciones*

		Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3	Simulación 4
EVCS		20 kW	20 kW	20 kW	30 kW
EV/día		6	6	6	10
Sin GE	PV	156 paneles fotovoltaicos 585 Wp			340 und
	Bat	135 kWh banco de baterías			342 kWh
CO <sub>2</sub> mitigado/año			35.98 ton		78.71 ton
Potencia GE		-	75 kVA	75 kVA	125 kVA
Con GE	PV	-	80 und	100 und	240 und
	Bat	-	100 kWh	90 kWh	260 kWh
CO <sub>2</sub> mitigado/año		-	8.96 Ton	19.77 Ton	48.5 Ton
% Ahorro de equipos	PV	-	48.72%	35.9%	29.41%

	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3	Simulación 4
Bat	-	25.93%	33.33%	23.98%
% CO <sub>2</sub> mitigado con GE/sin GE	-	24.9%	54.95%	61.62%

### 3.5 EVCS es una estación gasolinera

Según los resultados obtenidos se aprecia que para que el sistema sea 100% independiente de la red, se necesita una considerable cantidad de área para poder utilizar la cantidad recomendada de paneles solares, por lo que las probabilidades de llevar a cabo una instalación de estas características en ciudad son bajas; sin embargo, la posibilidad de llevar esto a carretera se presenta como una propuesta interesante, algunos grifos que se encuentran en la carretera de Piura-Paita, Piura-Sullana o incluso en la carretera Sullana-Talara cuentan con terreno más que suficiente a sus alrededores como se muestra en la Figura 48, para poder realizar este tipo de instalaciones.

Las estaciones de carga en este tipo de zonas también tendrían un gran impacto ya que animaría a los usuarios a realizar viajes largos en sus EV sin temor a quedarse varados en el camino.

#### Figura 48

*Gasolinera en carretera Sullana-Talara*



*Nota.* Extraído de Google Maps



## Conclusiones

Se ha desarrollado de manera satisfactoria una metodología para poder integrar energías renovables a la infraestructura de una estación de carga de vehículos eléctricos mediante un algoritmo diseñado en Matlab; éste brinda la facilidad a un usuario para obtener un dimensionamiento aproximado del sistema fotovoltaico y almacenamiento de energía con baterías. Además, el algoritmo brinda la opción de agregar un grupo electrógeno debido a que se busca no comprometer la red eléctrica existente del usuario (potencia contratada) y el usuario puede ir realizando varias simulaciones hasta lograr un sistema que cumpla con sus expectativas.

A través de los resultados se puede concluir que el agregar un grupo electrógeno ayuda a disminuir el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, así como el de la capacidad del banco de baterías; esto disminuye el impacto ambiental del sistema con energías renovables, pero gracias a que se puede iterar el dimensionamiento del sistema, se puede llegar a porcentajes mayores al 50% entre la relación del CO<sub>2</sub> mitigado con el sistema con grupo electrógeno y el CO<sub>2</sub> mitigado con el sistema netamente con energías renovables.

Una de las limitaciones encontradas ha sido el área necesaria para poder implementar una infraestructura de carga de vehículos eléctricos con energías renovables sin comprometer la red eléctrica del usuario, ya que en ciudad las gasolineras normalmente no cuentan con suficiente área disponible; sin embargo, existen en mayor proporción gasolineras presentes en las carreteras interprovinciales que sí cuentan con espacio utilizable para desarrollar nuestra propuesta.

Mediante el uso del algoritmo en un futuro cercano donde los vehículos eléctricos sean más populares, se espera atraer la atención de empresas privadas y/o el estado en contribuir a mejorar la infraestructura de carga de los vehículos eléctricos con el uso de energías renovables y disminuir significativamente la huella de carbono.



## Recomendaciones

Se recomienda realizar un análisis financiero del sistema para evaluar la mejor configuración y dimensionamiento al menor costo posible. Se puede considerar la inclusión de la red eléctrica en horas fuera de punta, donde tiene menor costo, para lograr disminuir aún más la cantidad requerida de equipos e incluso evaluar qué tarifa eléctrica conviene más para un comportamiento de carga de este tipo.

Otra recomendación es la de diversificar la inclusión de energías renovables en el sistema de carga y no depender únicamente de la energía solar fotovoltaica. En la región de Piura la energía eólica también es una opción viable por lo que ya tiene presencia en la zona, la adopción de esta energía disminuiría el uso de grupo electrógeno ya que también proporcionaría energía por las noches a diferencia del sistema propuesto, haciendo el sistema mucho más confiable y menos contaminante.

Se puede comparar los resultados de softwares existentes para el dimensionamiento de sistemas con energías renovables con el propuesto o con una versión mejorada para afinar más aun los resultados.

En un futuro donde los vehículos eléctricos sean más populares en el país, se podría obtener data más confiable de la cantidad promedio de vehículos eléctricos que visitan una electrolinera al día, así como sus tiempos de carga, tiempo entre cada vehículo, etc. Y utilizar esta data para afinar los resultados del algoritmo.

Por último, se recomienda realizar una interfaz gráfica (GUI), la cual permita apreciar de una forma más amigable y clara los datos y gráficas arrojados por el algoritmo propuesto, ya que esto además de mejorar la experiencia del usuario servirá para que se puedan interpretar mejor los resultados y optimizar el sistema inicialmente propuesto según los requerimientos que se tengan.

Se debe recordar que estos dimensionamientos son aproximaciones y para obtener el sistema más óptimo, lo recomendable es solicitar a un ingeniero especialista en el tema, el diseño completo de la infraestructura de carga con energías renovables.



### Referencias bibliográficas

- Atess Power. (s.f.). *Atess Power*. Obtenido de <https://www.atesspower.com/Product/Energy/Battery/193.html>
- Atess Power. (s.f.). *Atess Power*. Obtenido de <https://www.atesspower.com/Product/EV/Charging/164.html>
- Bhatti, A. R., & Salam, Z. (Mayo de 2018). A Rule-Based Energy Management Scheme for Uninterrupted Electric Vehicles Charging at Constant Price Using Photovoltaic-Grid System. *Renewable Energy*, 120. doi:10.1016/j.renene.2018.02.126
- DeMattia, N. (1 de Mayo de 2017). *BMW Blog*. Obtenido de <https://www.bmwblog.com/2017/05/01/test-drive-2017-bmw-i3-rex-94-ah-114-miles-enough/>
- Electrical Installation. (18 de Enero de 2021). *Electrical Installation*. Obtenido de [https://www.electrical-installation.org/enwiki/Electric\\_Vehicle\\_and\\_EV\\_charging\\_fundamentals](https://www.electrical-installation.org/enwiki/Electric_Vehicle_and_EV_charging_fundamentals)
- Enel Way. (20 de Abril de 2019). *Enel Way*. Obtenido de <https://evcharging.enelx.com/resources/blog/552-ev-charging-connector-types>
- Ferreyros. (s.f.). *Ferreyros*. Obtenido de <https://www.ferreyros.com.pe/equipo/c18/>
- Guzman, J. (03 de Diciembre de 2018). *Motor 1*. Obtenido de <https://es.motor1.com/news/281901/coche-electrico-ranking-real-consumo/>
- Hardstey, C. (14 de Julio de 2022). *Kelly Blue Book*. Obtenido de <https://www.kbb.com/car-advice/ev-charger-buying-guide/>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2009). *Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red*. Obtenido

de

[https://www.idae.es/sites/default/files/documentos\\_5654\\_FV\\_Pliego\\_aisladas\\_de\\_red\\_09\\_d5e0a327.pdf](https://www.idae.es/sites/default/files/documentos_5654_FV_Pliego_aisladas_de_red_09_d5e0a327.pdf)

Jinko Solar. (s.f.). *www.jinkosolar.com*. Obtenido de [https://drive.google.com/file/d/1xk\\_zkywBQ4CNlcM9AN0QU5tJAORmASq9/view](https://drive.google.com/file/d/1xk_zkywBQ4CNlcM9AN0QU5tJAORmASq9/view)

Kia. (s.f.). *Kia*. Obtenido de <https://www.kia.com/pe/showroom/all-new-niro.html>

Li, D., Zouma, A., Liao, J.-T., & Yang, H.-T. (Noviembre de 2020). An energy management strategy with renewable energy and energy storage system for a large electric vehicle charging station. *eTransportation*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.etrans.2020.100076>

Made-in-China. (s.f.). *Made in China*. Obtenido de <https://evcharger.en.made-in-china.com/productimage/DjYmloQTgKWM-2f1j00ruDGSOeWfNkc/China-16A-EV-Charge-Unit-Level-2-Electric-Car-Charger-Station-with-Type-2-Socket-3-5kw.html>

Mathieu, L. (21 de 04 de 2020). *Transport & Environment*. Obtenido de Transport & Environment: <https://www.transportenvironment.org/discover/does-electric-vehicle-emit-less-petrol-or-diesel/>

Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Ministerio de Energía y Minas*. Obtenido de <http://www.minem.gob.pe/giee/secundaria/pdf/ficha-informativa-secundaria/FICHA-INFORMATIVA-2.pdf>

Mohamed, K., Wolde, H. K., & Khan, R. (2020). Opportunities for an off-Grid Solar PV Assisted Electric Vehicle Charging Station. *The 11th International Renewable Energy Congress*. doi:10.1109/IREC48820.2020.9310376

Point, M. (26 de Julio de 2022). *Watt Logic*. Obtenido de <https://wattlogic.com/blog/level-3-charging-station-at-home/>

Rituraj, G., Chandra Mouli, G. R., & Bauer, P. (2022). A Comprehensive Review on Off-Grid and Hybrid Charging Systems for Electric Vehicles. *IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society*, 3, 203-222. doi:10.1109/OJIES.2022.3167948

Savio, D., Juliet, V., Chokkalingam, B., Padmanaban, S., Holm-Nielsen, J. B., & Blaabjerg, F. (2019). Photovoltaic Integrated Hybrid Microgrid Structured Electric Vehicle Charging

Station and Its Energy Management Approach. *Energies*, 1-28. doi:  
<https://doi.org/10.3390/en12010168>

Solargis. (2023). *Global Solar Atlas*. Obtenido de <https://globalsolaratlas.info/map>

Tesla. (s.f.). *Tesla*. Obtenido de <https://www.tesla.com/>

Toyota. (s.f.). *Toyota Peru*. Obtenido de <https://www.toyotaperu.com.pe/listado-modelos-toyota/carro-hibrido-prius>

Zona Eco. (8 de Enero de 2021). *Zona Eco*. Obtenido de <https://www.hyundai.com/es/zonaeco/eco-drive/tecnologia/frenada-regenerativa>





## Apéndices





## Apéndice A Algoritmo Matlab

```
clc
close all
disp("Cálculo de estación de carga de EV con energías renovables")
disp("-----")
disp("La data de irradiación esta por defecto en la ciudad de Piura, si se desea
en otra ubicación")
disp("cambiar el excel de radiación solar")
disp("Para facilidad, usar la pagina Solar Global Atlas y descargar el reporte en
archivo excel")
disp("Dejar con el nombre GSA_Report.xlsx")
disp("-----")

%Ingresar datos
cargador=input("Ingresar la potencia del cargador EV [kW]: ");
disp("Escoger entre 4 , 6, 8, 10 y 12 autos al dia")
autos=input("Ingresar la cantidad estimada de autos que podrian llegar a cargar a
lo largo del dia: ");
switch (autos)
    case 4
        disp("OK");
    case 6
        disp("OK");
    case 8
        disp("OK");
    case 10
        disp("OK");
    case 12
        disp("OK");
    otherwise
        error("Cantidad invalida")
end

%Importar data de radiación
radiacion=readtable('GSA_Report.xlsx','Sheet','Hourly_profiles','Range','B5:M30');
radiacion_arr=table2array(radiacion);
radcrit=min(radiacion_arr(25,:));
[temp,mescrit_indc]=find(radiacion_arr==radcrit);

%Importar curvas de consumo de la estacion
cargas=readtable('Cuadros de carga.xlsx','Range','C2:G26');
indice=0;
switch (autos)
    case 4
        indice=1;
    case 6
        indice=2;
    case 8
        indice=3;
    case 10
        indice=4;
    case 12
        indice=5;
end
curvaconsumo=cargas(2:25,indice);
consumo_arr=table2array(curvaconsumo);
%si la potencia es diferente a 22kW, cambia la escala de la curva de consumo
if (cargador ~= 22)
```

```

temp= cargador/22;
consumo_arr=consumo_arr*temp;
end
%potencia unitaria de los paneles fotovoltaicos
p_unit_fv= 585;
%energía consumida por día
energia_total=0;
for i=1:24
    energia_total=energia_total+consumo_arr(i,1);
end
PR=0.7; %Factor de rendimiento (PR):
FS_fv=1.1; %Factor de seguridad
pot_reque=(energia_total *FS_fv * 1000 * 1000)/(radcrit*PR);
%Numero de paneles requeridos
nmod=ceil(pot_reque/p_unit_fv);
temp=sprintf("El numero de paneles fotovoltaicos de 585Wp necesarios son: %d
paneles",nmod);
disp(temp)
%area de los paneles fotovoltaicos
panel_largo=2.278;
panel_ancho=1.134;
area_total=panel_ancho*panel_largo*nmod;
temp=sprintf("El área necesaria para los paneles fotovoltaicos es: %f
m2",area_total);
disp(temp)
produc_fv=nmod*p_unit_fv*radiacion_arr(1:24,mescrit_indc)*PR/(1000*1000);
%Cantidad de baterías
%Porcentaje noche
deficit=consumo_arr-produc_fv;
dfc=0;
for i=1:24
    if deficit(i)>0
        dfc=dfc+deficit(i);
    end
end
porcentaj_noche=dfc/energia_total;
voltage_bat=51.2; %bateria modelo BR marca ATESS [V]
DODMAX=0.9; %profundidad de descarga máxima
n_cont=0.98; %eficiencia del controlador
n_bat=0.98; %eficiencia de la batería
amp_bat=280; %capacidad de las baterías [Ah]
FS=1.05;
%las baterías escogidas trabajan en serie
tesion_req_bat=(dfc*1000*FS)/(amp_bat*DODMAX*n_bat*n_cont); %[VDC]
num_bat=tesion_req_bat/voltage_bat;
capacidad_tot_bat=ceil(tesion_req_bat*amp_bat/1000); %[kWh]
temp=sprintf("La capacidad necesaria del banco de baterías es: %d
[kWh]",capacidad_tot_bat);
disp(temp)
%SOC
caida_tension=0.02; %
for i=1:24
    if deficit(i)>0
        deficit(i)=deficit(i)/(1-caida_tension)/(n_cont*n_bat);
    else
        deficit(i)=deficit(i)*(1-caida_tension)*n_cont*n_bat;
    end
end
end
%Estado de la batería y SOC

```

```

dias=7;
energ_bat=zeros(25,dias);
SOC=zeros(25,dias);
for i=1:dias;
    for j=1:25
        if i~=1 && j==1
            energ_bat(j,i)=energ_bat(25,i-1);
            SOC(j,i)=SOC(25,i-1);
        elseif i==1 && j==1
            energ_bat(j,i)=capacidad_tot_bat;
            SOC(j,i)=energ_bat(j,i)/capacidad_tot_bat;
        end

        if j>1
            energ_bat(j,i)=energ_bat(j-1,i)-deficit(j-1);
            if energ_bat(j,i)>capacidad_tot_bat
                energ_bat(j,i)=capacidad_tot_bat;
            elseif energ_bat(j,i)<0 || energ_bat(j,i)==0
                energ_bat(j,i)=0;
            end
            SOC(j,i)=energ_bat(j,i)/capacidad_tot_bat;
        end
    end
end
figure('Name','Sistema sin GD')
for i=1:dias
    subplot(2,4,i)
    yyaxis left
    plot(1:24,produc_fv,'r-',1:24,consumo_arr,'k-');
    ylabel("Potencia[kW]")
    yyaxis right
    plot(1:24,SOC(2:25,i),'b');
    ylabel("SOC[%]")
    axis([0 24 0 1])
    switch i
        case 1
            title('Lunes');
        case 2
            title('Martes');
        case 3
            title('Miercoles');
        case 4
            title('Jueves');
        case 5
            title('Viernes');
        case 6
            title('Sabado');
        case 7
            title('Domingo');
    end
    legend('Gen FV', 'Consumo', 'SOC')
    xlabel("Hora")

end
count=0;

while 1
    if count == 0
        ask=input("Estas satisfecho con los resultados, escribe SI o NO: ", "s");

```

```

if ask ~= "SI" && ask ~= "NO"
    error("Respuesta invalida")
end
end
switch ask
case "SI"
    break
case "NO"
    if count == 0
        disp("-----")
        disp("Para disminuir la cantidad de paneles y baterias, se
recomienda agregar un grupo electrogeno,")
        disp("de esta manera se puede encender un numero de horas
especificas si el banco de baterias llega a su")
        disp("SOC min, el cual puede estar entre 10% y 50% (0.1-0.5)")
        disp("-----")
    end
    SOC_MIN=0.3;% %

    %Nueva cantidad de paneles fotovoltaicos
    nuevo_nmod = input("Ingresar la nueva cantidad de paneles
fotovoltaicos: ");

nueva_produc_fv=nuevo_nmod*p_unit_fv*radiacion_arr(1:24,mescrit_indc)*PR/(1000*100
0);
    nuevo_deficit=consumo_arr-nueva_produc_fv;
    for i=1:24
        if nuevo_deficit(i)>0
            nuevo_deficit(i)=nuevo_deficit(i)/(1-
caida_tension)/(n_cont*n_bat);
        else
            nuevo_deficit(i)=nuevo_deficit(i)*(1-
caida_tension)*n_cont*n_bat;
        end
    end

    %Nueva capacidad de baterias
    nueva_cap_bat= input("Ingresar nueva capacidad de baterias[kWh]: ");

    %grupo electrogeno
    DG=input("Ingresar la potencia del grupo electrogeno [kVA:]");%[kVA]
    FP_DG=0.8;
    CAP_TRA_DG=input("Ingresar la capacidad a la que trabaja el grupo
electrogeno (25% - 50% - 75% - 100%): ");% %
    switch (CAP_TRA_DG)
        case 0.25
            disp("OK");
        case 0.5
            disp("OK");
        case 0.75
            disp("OK");
        case 1
            disp("OK");
        otherwise
            error("Cantidad invalida")
    end
    disp("Para este caso se considea 0.8 FP ")
    POT_DG=DG*FP_DG*CAP_TRA_DG;
    tabla=readtable("GE_CONSUMO.xlsx", 'Range', 'B2:F16');

```



```

        estado_GD(j,i)=estado_GD(j-1,i)+1;
    end

    if nuevo_deficit(j-1)>=0 && SOC(j-1,i)>SOC_MIN
        energ_bat(j,i)= energ_bat(j-1,i)-nuevo_deficit(j-1);
        if estado_GD(j,i)>0
            energ_bat(j,i)= energ_bat(j-1,i)-nuevo_deficit(j-
1)+POT_DG;

        end
    elseif estado_GD(j,i)>0
        energ_bat(j,i) = POT_DG-nuevo_deficit(j-1)+energ_bat(j-
1,i);

    else
        energ_bat(j,i)= energ_bat(j-1,i)-nuevo_deficit(j-1);
    end

    %PROTECCION DATA
    if energ_bat(j,i)>nueva_cap_bat
        energ_bat(j,i)=nueva_cap_bat;
    elseif energ_bat(j,i)<0 || energ_bat(j,i)==0
        energ_bat(j,i)=0;
    end
    SOC(j,i)=energ_bat(j,i)/nueva_cap_bat;
end
if estado_GD(j,i)==1
    veces_GD=veces_GD+estado_GD(j,i);
end
end
end

figure('Name','Sistema con GD')
for i=1:dias
    subplot(2,4,i)
    yyaxis left
    plot(1:24,nueva_produc_fv,'r-',1:24,consumo_arr,'k-');
    ylabel("Potencia[kW]")
    yyaxis right
    plot(1:24,SOC(2:25,i),'b');
    ylabel("SOC[%]")
    axis([0 24 0 1])
    switch i
        case 1
            title('Lunes');
        case 2
            title('Martes');
        case 3
            title('Miercoles');
        case 4
            title('Jueves');
        case 5
            title('Viernes');
        case 6
            title('Sabado');
        case 7
            title('Domingo');
    end
    legend('Gen FV','Consumo','SOC')
    xlabel("Hora")

```

```

end
area_total=panel_ancho*panel_largo*nuevo_nmod;
temp=sprintf("El área necesaria para los paneles fotovoltaicos es: %f
m2",area_total);
disp(temp)
horas_GD=veces_GD*hrs_ON;
tmp=sprintf('El grupo enciende %d veces a la semana, resultando en un
total de %d horas',veces_GD,horas_GD);
disp(tmp)
litros_comb=horas_GD*consumo_comb;
cant_co2=2.087*litros_comb*52/1000;
tmp=sprintf('La cantidad liberada de CO2 a la atmosfera por la
utilizacion del grupo electrogeno durante un año es de %f Ton',cant_co2);
disp(tmp)
total_co2=energia_total*0.4119*dias*52/1000;
tmp=sprintf('La cantidad de CO2 mitigado al año por no usar la red
eléctrica es de %f Ton',total_co2);
disp(tmp)
co2_total=(total_co2-cant_co2);
tmp=sprintf('La cantidad neta de CO2 mitigado al año por usar el
sistema propuesto es de %f Ton',co2_total);
disp(tmp)
ask=input("Estas satisfecho con los resultados, escribe SI o NO:
","s");
if ask ~= "SI" && ask ~= "NO"
    error("Respuesta envalida")
end
switch ask
    case "SI"
        break
    case "NO"
        count=count+1;
        disp("-----")
end
end
end
end

```



**Anexos**





## Anexo A Ficha técnica panel fotovoltaico

www.jinkosolar.com



# Tiger Neo N-type 72HL4-(V)

## 565-585 Watt

### MONO-FACIAL MODULE

#### N-Type

Positive power tolerance of 0- +3%

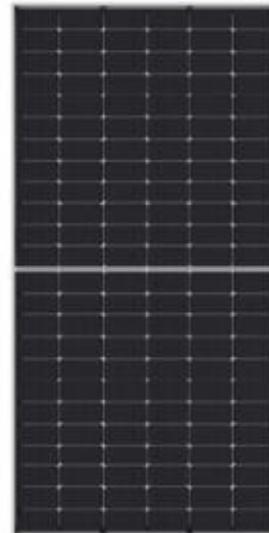
IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015 Quality Management System

ISO14001:2015 Environment Management System

ISO45001:2018

Occupational health and safety management systems



## Key Features



#### SMBB Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



#### Hot 2.0 Technology

The N-type module with Hot 2.0 technology has better reliability and lower LID/LETID.



#### PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



#### Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



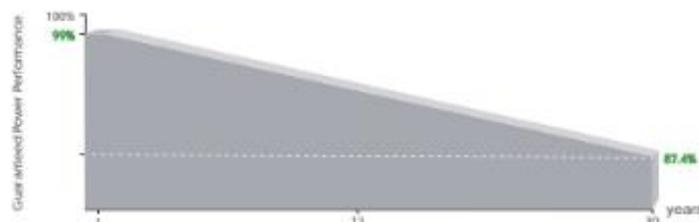
#### Durability Against Extreme Environmental Conditions

High salt mist and ammonia resistance.



POSITIVE QUALITY  
Certified Single Vendor

## LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

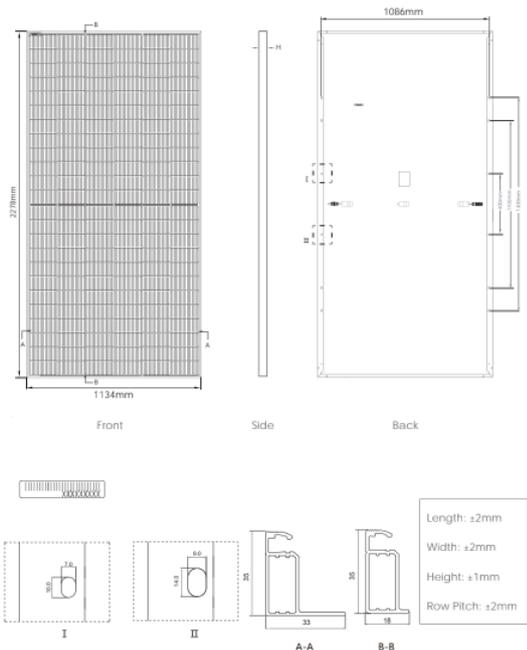


12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

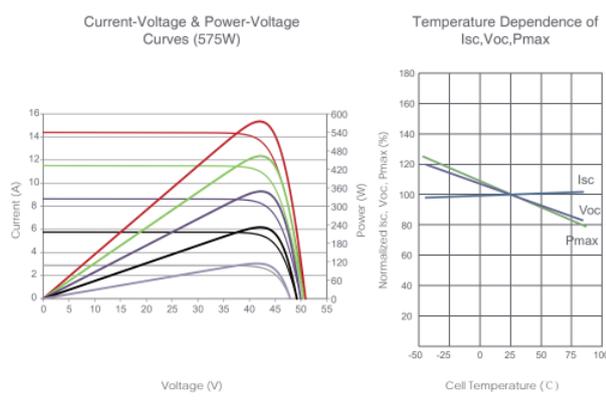
Engineering Drawings



\*This tolerance range applies only to the four-angle distance of the module as indicated above.

**Packaging Configuration**  
 ( Two pallets = One stack )  
 31pcs/pallets, 62pcs/stack, 620pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	144 (6×24)
Dimensions	2278×1134×35mm (89.69×44.65×1.38 inch)
Weight	28 kg (61.73 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm <sup>2</sup> (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM565N-72HL4		JKM570N-72HL4		JKM575N-72HL4		JKM580N-72HL4		JKM585N-72HL4	
	JKM565N-72HL4-V		JKM570N-72HL4-V		JKM575N-72HL4-V		JKM580N-72HL4-V		JKM585N-72HL4-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	565Wp	425Wp	570Wp	429Wp	575Wp	432Wp	580Wp	436Wp	585Wp	440Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.92V	39.38V	42.07V	39.51V	42.22V	39.60V	42.37V	39.69V	42.52V	39.81V
Maximum Power Current (Imp)	13.48A	10.79A	13.55A	10.85A	13.62A	10.92A	13.69A	10.99A	13.76A	11.05A
Open-circuit Voltage (Voc)	50.60V	48.06V	50.74V	48.20V	50.88V	48.33V	51.02V	48.46V	51.16V	48.60V
Short-circuit Current (Isc)	14.23A	11.49A	14.31A	11.55A	14.39A	11.62A	14.47A	11.68A	14.55A	11.75A
Module Efficiency STC (%)	21.87%		22.07%		22.26%		22.45%		22.65%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.046%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

\*STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> Cell Temperature 25°C AM=1.5  
 NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup> Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

Nota. Extraído de Jinko solar (Jinko solar, s.f.)

## Anexo B Ficha técnica baterías Atess Power

# Datasheet

	HPS30	HPS50	HPS100	HPS120	HPS150
<b>AC (Grid-connected)</b>					
Apparent power	33kVA	55kVA	110kVA	132kVA	165kVA
Rated power	30kW	50kW	100kW	120kW	150kW
Rated voltage	400V	400V	400V	400V	400V
Rated current	43A	72A	144A	173A	217A
Voltage range	360V - 440V				
Rated frequency	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
Frequency range	45~55/55~65Hz	45~55/55~65Hz	45~55/55~65Hz	45~55/55~65Hz	45~55/55~65Hz
THDI	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
PF	0.8lagging~0.8leading	0.8lagging~0.8leading	0.8lagging~0.8leading	0.8lagging~0.8leading	0.8lagging~0.8leading
AC connection	3/N/PE	3/N/PE	3/N/PE	3/N/PE	3/N/PE
AC input	60kVA	100kVA	200kVA	240kVA	240kVA

<b>AC (Off-grid)</b>					
Apparent power	33kVA	55kVA	110kVA	132kVA	165kVA
Rated power	30kW	50kW	100kW	120kW	150kW
Rated voltage	400V	400V	400V	400V	400V
Rated current	43A	72A	144A	173A	217A
THDU	≤2%linear	≤2%linear	≤2%linear	≤2%linear	≤2%linear
Rated frequency	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
Overload capability	110%-10 mins 120%-1 min				

	HPS30	HPS50	HPS100	HPS120	HPS150
<b>DC (Battery and PV)</b>					
Max. PV open-circuit voltage	1000V DC				
Max. PV power	45kWp	75kWp	150kWp	180kWp	225kWp
PV MPPT voltage range	480V-800V DC				
Battery voltage range at Max. charge power	450V-600V	500V-600V	500V-600V	517V-600V	500V-600V
Battery voltage range	352-600V	352-600V	352-600V	352-600V	352-600V
Max. charge power	45kW	75kW	150kW	180kW	225kW
Max. discharge power	33kW	55kW	110kW	132kW	165kW
Max. charge current	100A	150A	300A	350A	450A
Max. discharge current	93A	156A	313A	374A	467A

	HPS30	HPS50	HPS100	HPS120	HPS150
<b>General Information</b>					
Protection degree	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Noise emission	<65dB(A)@1m	<65dB(A)@1m	<65dB(A)@1m	<65dB(A)@1m	<65dB(A)@1m
Operating temperature	-25 °C~+55 °C				
Cooling	Forced-air	Forced-air	Forced-air	Forced-air	Forced-air
Relative humidity	0-95% non-condensing				
Maximum altitude	6000m (derate over 3000m)				
Dimension (W/H/D)	700/1660/600mm	950/1860/750mm	1200/1900/800mm	1200/1900/800mm	1200/1900/800mm
Weight	355kg	610kg	948kg	1025kg	1230kg
Build-in transformer	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Transfer between on/off grid	Automatics≤10ms	Automatics≤10ms	Automatics≤10ms	Automatics≤10ms	Automatics≤10ms
Standby consumption	<30W	<30W	<30W	<30W	<30W

<b>Communication</b>					
Display	Touch screen				
Communication	RS485/CAN	RS485/CAN	RS485/CAN	RS485/CAN	RS485/CAN

**Certificate** CE, MEA, PEA, AS 4777.2, EN 61000-6-4:2007+A1:2011, EN 61000-6-2:2005, EN 62109-1:2010, EN 62109-2:2011, EN 50549-1:2019, IEC 62109.1, IEC 62109.2, NRS 097-2-1:2017, G99, VDE-AR-N 4105:2018, DIN VDE V 0124-100:2020-06

\* Battery voltage is determined by the following equation:  
 $V_{min} = 352 \times V_n / V_1$ ,  $V_{Max} = (V_{mpp} - 100) \times V_n / V_2$ ,  $V_{Max} < 600VDC$   
 $V_1$  is battery cell discharge cut-off voltage,  $V_2$  is battery cell boost charge voltage,  $V_n$  is battery cell nominal voltage.

Nota. Extraído de Atess Power (Atess Power, s.f.)

## Anexo C Ficha técnica cargador EV DC

# Datasheet

<b>EVD-20S</b>	
<b>Input &amp; Output</b>	
Input voltage	260~485V AC
Rated input voltage	400V AC
Frequency	50/60Hz
DC plug type	CCS Type 2
Output voltage range	CCS(150-1000V)
Max.output power	20kW
Max.output current	50A
Voltage accuracy	<±0.5%
Current accuracy	≤±1%(at 20%-100% of rated power)
Voltage-regulating accuracy	≤±0.5%
Current-regulating accuracy	≤±1%
Ripple coefficient	RMS: ±0.5%;Peak: ≤±1%
Meeting accuracy	0.5%
Efficiency	≥95%
Cable Length	5m
<b>Protection</b>	
Over voltage protection	Yes
Under voltage protection	Yes
Over load protection	Yes
Leakage current protection	External circuit breaker
Over-temp protection	Yes
Short circuit protection	Yes
Lightning protection	Yes
<b>Function &amp; Accessory</b>	
Display	4.3 inch screen/Opt
Ethernet/WIFI/4G	Yes/Yes/Opt
Charging mode	APP/RFID(opt)/Plug and Charge
Indicator	Yes
Emergency stop	Yes
<b>Working Environment</b>	
Protection degree	IP54
Operating temperature	-25°C~+50°C
Relative humidity	5%-95% non-condensing
Maximum altitude	2000m
Cooling	Forced air cooling
Standby power consumption	<25W
Noise emission	≤65db
<b>Mechanical</b>	
Dimension (W/H/D)	450/670/206mm
Weight	36kg
<b>Certificate</b>	
Certificate	CE, EMC ClassB

Nota. Extraído de Atess Power (Atess Power, s.f.)