



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE CARGA AUTÓNOMA  
PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EL  
ESTACIONAMIENTO DE LA FES CUAUTITLÁN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

OSCAR RAUL VILLALOBOS HERRERA

ASESOR:

M. EN C. NIDIA MENDOZA ANDRADE

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO TITULACIÓN**

**DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: DRA. MARÍA DEL CARMEN VALDERRAMA BRAVO**  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.



**UNAM  
CUAUTITLÁN  
DEPARTAMENTO  
DE TITULACIÓN**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el trabajo de: **Tesis**

**Diseño de una estación de carga autónoma para vehículos eléctricos en el estacionamiento de la FES Cuautitlán**

Que presenta el pasante: **Oscar Raul Villalobos Herrera**  
Con número de cuenta: **312061588** para obtener el Título de: **Ingeniero Mecánico Electricista**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 23 de marzo de 2023.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Ing. Víctor Manuel Cuevas Rodríguez	
<b>VOCAL</b>	Ing. Arturo Ávila Vázquez	
<b>SECRETARIO</b>	M. en C. Nidia Mendoza Andrade	
<b>1er. SUPLENTE</b>	Ing. Fernando Fierro Téllez	
<b>2do. SUPLENTE</b>	Ing. Jorge Romero Pérez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

MCVB/ntm\*

*Dedicatoria ...*

*A mi madre,  
Después de este largo camino que hemos recorrido, este logro no es mío, es totalmente  
tuyo.  
¡Te amo! Gracias por todo.*

# Agradecimientos

A mi asesora de Tesis, M. en C. Nidia Mendoza, por compartirme de sus conocimientos y tiempo para poder guiarme durante la realización de este trabajo de tesis. Agradezco también por su paciencia y sus consejos para poder concluir este proceso, ha sido un honor contar con su apoyo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme las herramientas necesarias para mi formación profesional y por hacerme de conocimientos, experiencias, lugares y relaciones increíbles que nunca voy a olvidar.

A todos mis profesores, por su dedicación y ayuda durante sus clases para poder estar mejor preparado para las adversidades del futuro.

A Dios, por permitirme llegar hasta este punto de la vida y poder concluir mi carrera universitaria a pesar de todos los problemas.

A mi madre, Rosalba Herrera, por que sin tu apoyo incondicional, tu amor, tus consejos, tus esfuerzos, y la formación que me has dado, no hubiera llegado a concluir esta meta.

A mi padre, Raúl Villalobos, por acompañarme a lo largo de la vida.

A mis abuelitas, Amalia y Mamá Lupita por siempre estar conmigo y ser una fuente de inspiración para mí.

A mi familia, en especial a mi tío Rafa, tía Nena, tía Lety, tía Miriam y tío Toño Verni, tío Toño Herrera, que me apoyaron en su momento para poder seguir adelante.

A mis amigos por su apoyo, acompañamiento y motivación durante la carrera, no hubiera sido lo mismo sin ustedes.

A todos ustedes, ¡GRACIAS!

# Resumen

En la actualidad, la Ciudad de México y su Zona Metropolitana son considerados el núcleo más importante del país, debido a las contribuciones al desarrollo cultural, económico y político. Debido a ello, es inevitable pensar en el crecimiento urbano que se ha desarrollado a lo largo de los años y los problemas ambientales causados en consecuencia por la expansión de los habitantes de la ciudad, dando lugar a ser uno de los lugares más contaminados de México y posicionándose dentro de las principales ciudades más contaminadas de América Latina.

Con más de 9 millones de habitantes y más de 14 millones de automóviles de motor registrados en circulación, las tasas de contaminación en los últimos años han ido aumentando hasta alcanzar niveles críticos, ya que en medida que crece la tasa poblacional, también lo hace el parque vehicular, lo cual implica un desafío para la movilidad de los ciudadanos.

Este crecimiento repercute en los desplazamientos diarios, en tiempos de traslado y distancias, debido a ello, se han impulsado diversos programas por parte del sector público y privado para reducir los niveles de emisiones contaminantes en la atmósfera, que optan por transportes sustentables que contrarresten los efectos nocivos al medio ambiente.

La alta dependencia hacia la gasolina y el diésel por parte de los vehículos de combustión interna contribuyen en gran medida a la contaminación existente en el Valle de México, en su gran mayoría por el uso de vehículos particulares, promueve a reflexionar acerca del consumo en términos energéticos y pensar a mediano y largo plazo las medidas que puede tomar la población y así reducir los problemas en la ciudad y su entorno.

Dentro de las acciones impulsadas para disminuir la contaminación que producen los vehículos de combustión y las grandes consecuencias que traen consigo, se han creado

nuevas alternativas electrificadas de transporte, como el 'Cablebus', corredores 'Cero Emisiones' y la renovación de unidades de transporte para la movilidad de los usuarios, por mencionar algunos, y que tienen como objetivo mejorar la calidad de aire y reducir los efectos producidos por el efecto invernadero y que gracias a ellos se puede observar los avances que se han tenido en el sector de la movilidad eléctrica.

En relación al sector automotriz, el mantenimiento de un vehículo eléctrico tiende a ser menos costoso y eficiente que el de un vehículo de combustión interna, esto se debe a que los vehículos eléctricos tienen menos piezas móviles y componentes mecánicos.

Por ejemplo, un vehículo con motor de combustión interna cuenta con piezas además del motor como: transmisión, sistema de escape, sistema enfriamiento y sistema de combustible que por otro lado, el motor eléctrico no los tiene, tampoco requieren de un mantenimiento constante como el cambio de filtros, lubricantes y líquidos varios a comparación con los vehículos de combustión, que en ellos es indispensable realizarlo para prevenir que pueda presentarse alguna falla, y que por lo regular son de costos bastante elevados. En promedio, un vehículo eléctrico puede tener alrededor de 20 partes móviles, mientras que un vehículo de combustión interna de 6 cilindros puede tener alrededor de 200 partes.

Otro de los principales retos que enfrenta cualquier tipo de sistema de transporte eléctrico es la necesidad de la existencia de una infraestructura confiable, que no sea inadecuada ni este mal planificada, ya que en áreas metropolitanas aunque existe una red de puntos de recarga para vehículos eléctricos dentro de la ciudad, estos se encuentran distantes uno del otro, y algunos en mal estado o fuera de funcionamiento, lo que puede crear incertidumbre al consumidor con respecto a la fiabilidad del servicio, y la interrogante si se adquiere un vehículo eléctrico pueda tener acceso a alguna fuente de energía que se encargue de recargas las batería de su vehículo.

Debido a lo anterior, con el presente trabajo se pretende establecer un criterio amplio, claro y oportuno para incorporar una nueva estación de recarga que contribuya a la movilidad de la comunidad universitaria junto con la de la parte norte de la zona metropolitana de la capital del país y al desarrollo de la infraestructura para el vehículo eléctrico y situarlo como un medio de transporte convencional.

El objetivo general de esta tesis es presentar un diseño para una estación de recarga

para vehículos eléctricos a partir de un estudio teórico de su funcionamiento y en base a ello realizar el dimensionamiento y determinar la viabilidad de este, así como contribuir al uso de las energías limpias que ayuden a reducir los problemas ambientales. Como objetivos específicos se plantean determinar y diseñar el consumo energético para las estaciones, analizando sus valores de tensión, corriente, potencia, además de las debidas protecciones que debe tener un sistema fotovoltaico.

En el primer capítulo se presenta la introducción, antecedentes y objetivos generales y específicos del trabajo, a lo largo del capítulo se hace hincapié a la problemática actual que se vive con los altos índices de contaminación que presentan las ciudades masivamente pobladas. Se describen los estudios realizados para de los distintos tipos de vehículos disponibles.

En el capítulo dos, se presenta el marco teórico del trabajo, donde se explica el significado de la movilidad eléctrica y lo que envuelve a este término.

En el capítulo tres se explican las partes que constituyen a una estación de recarga, como su clasificación, tipos de conexiones, tipos de conectores y modos de carga.

Como parte del cuarto capítulo se estudian y se brinda una explicación de como funcionan las celdas fotovoltaicas, paneles o módulos solares y los factores que intervienen en su funcionamiento.

En el quinto capítulo, explica ampliamente el diseño de la estación de recarga, donde se demuestran formulas y cálculos que se realizaron para la determinación de la parte de la infraestructura del proyecto de la estación de recarga para vehículos eléctricos, detallando las partes que forman parte de la estación, también se presenta la puesta a tierra de la instalación, considerando las normativas vigentes.

Por último, en el sexto capítulo se presentan los resultados y las conclusiones que se obtuvieron al realizar este trabajo.

Para la propuesta de diseño se propone el estacionamiento de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo IV, analizando los factores técnicos y demográficos que aportan la inclusión de las estaciones de recarga para vehículos eléctricos y su aportación al desarrollo de las nuevas tecnologías que benefician reduciendo la contaminación y emisión de gases de efecto invernadero, nocivos para la del planeta y del humano.



# Abstract

Currently, Mexico City and the Metropolitan Area are considered the most important part of the country, due to the contributions of the cultural, economic, and political development. For this reason, it's inevitable to think about the urban growth that has been developed over the years and the environmental problems consequently caused by the ongoing expansion of the inhabitants of the city, giving rise to being one of the most contaminated places in Mexico and positioning itself within the main most polluted cities in Latin America.

The high dependence on gasoline and diesel by internal combustion vehicles, contribute to a large portion of the existing contamination in the Valley of Mexico, those contributes on the pollution. That problematic encourages the people to think about the energy consumption and the restriction that we need too stop the pollution in the city and suburbs.

The main challenge facing any type of electric transport system is the need for the existence of a reliable and accessible infrastructure for the end user that allows you to have access to the power source that will be responsible for recharging the batteries, which in this case is the electrical power grid in a convenient way.

Derived from these problems, implementing the technological advances in recent years, this thesis is presented, with a proposal for a charging station for electric vehicles powered by renewable energy, which will contribute to the use of renewable energies that will help offset pollution caused by increasing CO2 emissions. The charging station will operate through a design like that of the EV Charging Points however, the energy from which the station will be powered will be via solar energy. The proposed place for the installation of said charging station will be the parking lot of the FES Cuautitlán Campo IV, a place with a high flow of people during the day.

The reader is introduced for a better understanding of the subject, chapters with the fundamental components for the correct operation of the infrastructure, which, considers various factors that may intervene during the useful life of the station.

The interest in the development of a charging station that implements new technologies developed in recent years in relation to the electric mobility sector is necessary to improve in the economic, social and political issues of the country, since it's essential to take advantage of these new forms of energy production in a sustainable way and that in the near future, the impact that users have when driving a zero-emission vehicle can be looked upon on, which can enter into direct competition with motorized vehicles and above all that can benefit the planet by reducing pollution, global warming and the emission of greenhouse gases, which affect the health of human beings and the planet.

# Nomenclatura

<b>V</b>	Voltaje
<b>v</b>	volts
<b>I</b>	Corriente
<b>A</b>	Ampers
<b>P</b>	Potencia
<b>W</b>	Watt
<b>f</b>	Frecuencia
<b>Hz</b>	Hertz o Henrios
<b>kW</b>	Kilo-Watt
<b>MW</b>	Mega-Watt
<b>kWh</b>	KiloWatt x hora
<b>VE</b>	Vehículo Eléctrico
<b>CC</b>	Corriente Continua
<b>Vcc</b>	Voltaje de corriente continua
<b>CA</b>	Corriente Alterna
<b>Vca</b>	Voltaje de Corriente Alterna

<b>SFV</b>	Sistema Fotovoltaico
<b>t</b>	tiempo
<b>h</b>	hora
<b>min</b>	minuto
<b>seg</b>	segundo
<b>m</b>	metro
<b>cm</b>	centímetro
<b>mm</b>	milímetros
<b>Pp</b>	Potencia pico
<b>Fs</b>	Factor de seguridad
<b>HSP</b>	Hora Solar Pico
$\eta$	Factor de seguridad
$\emptyset$	Monofásico
$3\emptyset$	Trifásico

# Problemática

La implementación del transporte eléctrico presenta ciertos obstáculos para desarrollar su actividad, estas barreras influyen directamente en el impulso de la implementación del transporte. Es por ello que se describen algunas de las dificultades existentes para determinar los parámetros que permitan proyectar el grado de impacto buscado y para fomentar el uso de estas nuevas tecnologías, además de empezar a innovar la ciudad tecnológicamente.

Dentro de las dificultades existentes para que el transporte eléctrico masivo se pueda desarrollar de una manera más compleja son los siguientes: la infraestructura inadecuada, los talleres para atención presentan un déficit en cuando al trabajo que se realiza ahí, ya sea por el personal o falta de recursos, en la ciudad, la mayoría de los centros de recarga están en concesionarias de ciertas marcas de automóviles, lo que limita a los conductores a no poder hacer la recarga en caso de necesitarlo, incluso actualmente muy pocas concesionarias tienen personal que informe acerca de autos eléctricos, para ello también es necesario que mejoren los sistemas de distribución y transmisión de energía eléctrica.

Otro de los impedimentos en México, son las actuales políticas del poder ejecutivo, como lo son: la baja generación de energía desde fuentes alternativas, desconfianza en el mercado, sumándole a eso las dificultades logísticas entre el gobierno y el sector privado, el desinterés por la infraestructura, la falta de incentivos, esto, pensando que la inversión en petróleo y energías fósiles son la mejor oportunidad para el crecimiento económico de la nación. Por ejemplo, la Ley Federal de la Industria Eléctrica (LIE) es una reforma que impide que se instalen con más facilidades las estaciones de carga para vehículos eléctricos.

Una de las principales razones para no optar por la adquisición de los vehículos eléctricos se relacionan con el rango que pueden recorrer por las limitaciones de la batería y la carga, además de que las baterías son costosas. Por lo cual se requiere un esfuerzo entre

el gobierno y la iniciativa privada para poder identificar oportunidades para colaborar y diseñar nuevas leyes y estrategias para impulsar este tipo de vehículos, para que con ello se reduzca el precio para el usuario particular.

Aunque en los últimos años el mercado de vehículos eléctricos ha ido en incremento, no es así con la infraestructura disponible en la actualidad en nuestro país. En otras palabras, el problema no es el desinterés en los vehículos eléctricos por parte de los conductores, sino la ausencia de puntos de recarga que hacen poco viable su uso.

# Justificación

La transición energética en los últimos años ha sido una necesidad apremiante a nivel mundial, en este contexto, los vehículos eléctricos tienen un papel fundamental en la reducción de gases contaminantes y mitigan el cambio climático, buscando emplear diversas fuentes de energía renovables y tecnologías limpias para producir electricidad con propósitos distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica.

Dichas energías renovables se producen debido a fenómenos naturales, y a procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía que pueda ser aprovechada por el ser humano, que se regenere de manera natural, y que se encuentren continuos o periódicamente. Son consideradas como energías renovables el viento, la radiación solar en todas sus formas, el movimiento del agua, el calor producido debido a la explotación de minerales asociados a yacimientos térmicos o energéticos.

En México, las instituciones gubernamentales que se encargan de expedir normas, directivas, metodologías y demás disposiciones de carácter administrativo relacionadas al sector eléctrico, son la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Reguladora de Energía (CRE), y el Centro Nacional de Control y Energía (CENACE). Dichas instituciones se rigen bajo el marco jurídico de la Ley de la Industria Eléctrica, donde se establecen las bases para la regulación del sector eléctrico y la promoción de la inversión privada. Siendo los más importantes para el fin de este trabajo, el Artículo 27 y 28 de la Reforma Constitucional, donde se establece la participación de empresas privadas y una mayor apertura del sector eléctrico, lo que ha generado un nuevo escenario en el sector eléctrico.

Estas instituciones, decretos y reformas, juegan un papel clave en la supervisión del sector eléctrico y desarrollo de nuevas tecnologías y proyectos innovadores, como las estaciones de recarga para vehículos eléctricos, que generaran beneficios económicos potenciales

por el aprovechamiento de las energías renovables y evitar inconvenientes mientras se hace uso de este tipo de energía.

Uno de los grandes problemas que existen en el México de ahora en día en cuanto a temas energéticos se refiere, se podrá solucionar en una reducción de costos o apoyo de las empresas que brindan el servicio de la energía eléctrica para construir una red de estaciones de carga que pueda detonar en un mayor uso del transporte eléctrico y así reducir la dependencia energética hacia las empresas multinacionales, lo cual detonaría en una clara ventaja para la economía local, sin la necesidad de depender de las importaciones de combustibles fósiles que producen un claro retroceso en cuestiones económicas y políticas del país, por lo cual es indispensable aprovechar estas nuevas formas de producción de una manera sostenible.

El plan de crear un diseño de una estación de recarga para vehículos eléctricos con energía solar, se ha creado con el propósito de que pueda satisfacer las necesidades de la comunidad y público en general, anteponiéndose a los requisitos demandados por un vehículo eléctrico.

Por ello se propone utilizar fuentes de energía renovables y tecnologías cero emisiones, que tienen como propósito preservar los recursos naturales del planeta, reducir la contaminación y sobre todo que puedan ser fiables, accesibles y cómodas para toda persona, así como las que hagan uso de la estación y que pueda recargar las baterías de su transporte con una cantidad considerable de energía que le permita recorrer distancias considerables.

Otra de sus ventajas es que en los últimos años, el sector de la energía solar está reduciendo drásticamente sus costes, de tal forma que, la innovación en el rubro de la producción de energía consigue que las energías renovables sean la solución más sostenible de forma ambiental y económica.

Debido a ello, el desarrollo de la infraestructura para el uso de los vehículos eléctricos en México es una solución requerida para afrontar al futuro de la electro movilidad, que en México y en el mundo, se proyecta que el mercado siga creciendo, desarrollándose e impulsando tecnologías energéticamente limpias.



# Objetivos

## **Objetivo General:**

Realizar una propuesta de diseño para una estación de recarga para las baterías de los vehículos eléctricos, de tipo poste, energizándose por un sistema fotovoltaico autónomo ubicado en el estacionamiento de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo IV.

## **Objetivos Particulares**

- Recopilar información acerca de cómo funcionan los sistemas fotovoltaicos, celdas solares, baterías, así como de los diferentes tipos de centros de carga para los vehículos eléctricos. Recopilar información bibliográfica de las normas y estándares que regulan el diseño de las estaciones de recarga.
- Diseñar y establecer un sistema fotovoltaico del tipo autónomo para la recarga de vehículos eléctricos considerando los estándares nacionales e internacionales.
- Diseñar un sistema de puesta a tierra para la protección de la instalación fotovoltaica.
- Garantizar el correcto funcionamiento de la estación, cumpliendo los criterios técnicos (tensión, corriente, potencia) y económicos al menor costo posible.
- Comparar las formas en las que se trata de popularizar los vehículos eléctricos aquí en México, con respecto a las estrategias utilizadas por países que optan por producir energías limpias.

# Índice general

<b>Agradecimientos</b>	<b>II</b>
<b>Resumen</b>	<b>III</b>
<b>Abstract</b>	<b>VI</b>
<b>Nomenclatura</b>	<b>VIII</b>
<b>Problemática</b>	<b>X</b>
<b>Justificación</b>	<b>XII</b>
<b>Objetivos</b>	<b>XIV</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2 Marco Teórico</b>	<b>4</b>
§2.1 Teoría de la electro movilidad . . . . .	4
§2.2 Emisiones por combustibles fósiles . . . . .	6
§2.3 Consumo energético por tipo de combustible en el sector de transporte en México . . . . .	6
§2.4 Parque vehicular en México . . . . .	7
§2.5 Proyección de los vehículos eléctricos e híbridos en la flota vehicular . . .	8
§2.6 Incentivos gubernamentales del tipo de financiamiento o estímulos fiscales .	9
§2.7 Transporte urbano electrificado . . . . .	10
<b>3 Estaciones de recarga para VE</b>	<b>12</b>

§3.1	El vehículo eléctrico . . . . .	12
§3.2	Estaciones de Recarga o Electrolineas . . . . .	13
§3.3	Modos de recarga . . . . .	15
§3.3.1	Recarga en Corriente Alterna . . . . .	15
§3.3.2	Recarga en Corriente Continua . . . . .	16
§3.4	Tipos de recarga . . . . .	16
§3.4.1	Súper-lenta . . . . .	18
§3.4.2	Lenta . . . . .	18
§3.4.3	Semi-rápida . . . . .	18
§3.4.4	Rápida . . . . .	18
§3.4.5	Ultra-rápida . . . . .	19
§3.5	Características técnicas . . . . .	19
§3.6	Clasificación de las estaciones de recarga . . . . .	20
§3.6.1	De Tipo Poste . . . . .	20
§3.6.2	De Tipo Pared . . . . .	22
§3.7	Clasificación de los conectores de recarga . . . . .	25
§3.7.1	Tipos de conectores . . . . .	25
§3.8	Tiempos de recarga . . . . .	29
§3.9	Modos de carga y de conexión (o nivel de comunicación) . . . . .	30
§3.9.1	Modo 1 . . . . .	30
§3.9.2	Modo 2 . . . . .	31
§3.9.3	Modo 3 . . . . .	31
§3.9.4	Modo 4 . . . . .	32
§3.9.5	Conexión A . . . . .	33
§3.9.6	Conexión B . . . . .	33
§3.9.7	Conexión C . . . . .	33
§3.10	Factores que influyen en el proceso de carga . . . . .	34
§3.10.1	Distorsión Armónica . . . . .	34
§3.10.2	Desequilibrio de fase . . . . .	36
§3.11	Modo de operación . . . . .	36

<b>4 Celdas Fotovoltaicas</b>	<b>38</b>
§4.1 Energía y Radiación Solar . . . . .	39
§4.1.1 Irradiancia . . . . .	40
§4.2 Hora Solar Pico (HSP) . . . . .	42
§4.2.1 Generación de electricidad a partir de la energía solar . . . . .	44
§4.3 Efecto Fotovoltaico . . . . .	45
§4.4 Módulos Fotovoltaicos o Paneles Solares . . . . .	46
§4.5 Clasificación de los paneles solares . . . . .	46
§4.6 Tipos de conexiones . . . . .	49
§4.6.1 Conexión Paralelo . . . . .	49
§4.6.2 Conexión Serie . . . . .	49
§4.7 Características técnicas . . . . .	50
§4.8 Clasificación de las instalaciones fotovoltaicas . . . . .	53
§4.9 Componentes de la instalación . . . . .	55
§4.9.1 Baterías o acumuladores . . . . .	56
§4.9.2 Regulador de la carga . . . . .	58
§4.9.3 Inversor . . . . .	59
§4.9.4 Punto de carga . . . . .	61
§4.9.5 Equipo de conexión o cableado . . . . .	61
§4.10 Tipos de mantenimiento . . . . .	63
§4.11 Puesta a tierra de la instalación . . . . .	63
§4.11.1 Determinación del riesgo e índice de impacto . . . . .	66
§4.11.2 Electrodo de puesta a tierra . . . . .	67
§4.11.3 Conductores . . . . .	68
<b>5 Diseño de la estación de carga</b>	<b>70</b>
§5.1 Especificaciones generales y específicas . . . . .	70
§5.2 Dimensionamiento del panel solar . . . . .	76
§5.3 Distancia entre paneles . . . . .	80
§5.4 Selección de banco de baterías . . . . .	82

§5.4.1	Cálculo de la capacidad de los acumuladores . . . . .	83
§5.5	Selección del controlador de carga . . . . .	86
§5.5.1	Cálculo del regulador de carga . . . . .	87
§5.6	Selección del inversor . . . . .	89
§5.6.1	Cálculo del inversor de carga . . . . .	89
§5.7	Selección del Punto de Carga . . . . .	92
§5.7.1	Especificaciones generales . . . . .	92
§5.7.2	Especificaciones por modelo . . . . .	93
§5.8	Monitoreo de la instalación . . . . .	95
§5.9	Protecciones . . . . .	96
§5.9.1	Caja Combinadora . . . . .	97
§5.9.2	Fusible . . . . .	97
§5.9.3	Diodo de bloqueo . . . . .	98
§5.9.4	Seccionador . . . . .	98
§5.9.5	Apartarrayos . . . . .	99
§5.9.6	En CA . . . . .	99
§5.9.7	En CC . . . . .	100
§5.10	Conexión de la instalación . . . . .	101
§5.10.1	Estructuras de los paneles . . . . .	105
§5.11	Puesta a tierra de la estación de recarga . . . . .	107
§5.11.1	Dimensionamiento del sistema de puesta a tierra . . . . .	107
§5.11.2	Valores del suelo a considerar . . . . .	108
§5.11.3	Estructura metálica del edificio . . . . .	108
§5.11.4	Determinación la resistencia del electrodo a tierra . . . . .	112
§5.12	Mantenimiento de la instalación . . . . .	114
§5.13	Ingeniería de detalle . . . . .	116
§5.13.1	Diseño conceptual . . . . .	117
§5.13.2	Ingeniería de detalle específica . . . . .	121
§5.13.3	Plan de implementación . . . . .	127
§5.13.4	Análisis de Costos . . . . .	128

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	XIX
§5.14 Normativa y estándares aplicables: . . . . .	129
<b>6 Resultados y Conclusión</b>	<b>131</b>
§6.1 Resultados . . . . .	131
§6.2 Conclusión . . . . .	132
<b>A Información técnica de los componentes de la instalación</b>	<b>143</b>

# Capítulo 1

## Introducción

En los últimos años la humanidad ha tenido que lidiar con todos los problemas que aquejan al mundo de la movilidad, principalmente relacionados con los vehículos operados por motor de combustión interna; por ejemplo, la escasez y encarecimiento de combustibles derivados del petróleo como la gasolina y el gasóleo, las emisiones nocivas para la salud de los seres vivos y del planeta, como son las emisiones de hidrocarburos y de carburantes como óxidos de nitrógeno y hollín, que además del mal olor desprendido pueden provocar enfermedades como cáncer, además de afectar a el aparato respiratorio, aunado a ello, las emisiones de NOx siguen siendo altas al igual que las de CO<sub>2</sub>, que son principal causante del cambio climático.

Para evitar los problemas del cambio climático como consecuencia de la contaminación de los vehículos es importante señalar, que, aún existen grandes desafíos para electrificar al parque vehicular, sin embargo, también se encuentran bastantes razones que se deben tomar en cuenta para poder lograr este objetivo; esto puede ser aún mas evidente si se observa por un momento las situaciones de las grandes ciudades, donde las emisiones, la congestión vehicular y la integridad tanto del conductor y del peatón es parte fundamental para la transición de la sociedad.

Debido a ello, los gobiernos en conjunto con las grandes empresas automotrices, han decidido optar por estrategias para implementar nuevas tecnologías de cero emisiones, ofreciendo

descuentos en precios de compra, subsidios, que a su vez promueven un cambio en la forma de transportarse de los consumidores. Todo esto representa un esfuerzo en conjunto para realizar la transición hacia un futuro más limpio y sostenible en la movilidad eléctrica.

Derivado de estos diversos problemas, sumado a los avances en los últimos años en el país en relación con la movilidad eléctrica, se presenta este trabajo tesis, con una propuesta de una estación de recarga con energía renovable para vehículos eléctricos, que operará a través de un diseño basado en el funcionamiento de las electrolinerías.

Por lo cual, se realizará un diseño de una estación de recarga energizada por energía solar, gracias al efecto fotovoltaico conseguido a través de paneles solares, los cuales serán los encargados de recibir la energía del Sol en forma de energía luminosa y transformarla en energía eléctrica y con ello posteriormente poder transferirla al vehículo eléctrico que la requiera, contando con un respaldo de un banco de baterías que podrán servir para alimentar la batería del vehículo en caso de que la potencia generada por los paneles fotovoltaicos no sea la suficiente para poder realizar el proceso; el tipo corriente de la estación puede ser de corriente alterna o corriente directa, esto dependerá del modo de recarga sostenido por el cargador a utilizar.

Este tipo de instalaciones eléctricas, forman parte de la infraestructura que impulsará la transformación del parque vehicular hacia una movilidad eléctrica libre de emisiones contaminantes.

Existen diferentes clasificaciones de las estaciones de recarga o electrolinerías, las cuales cuentan con la característica común entre ellas que son infraestructuras de recarga para vehículos eléctricos, las cuales pueden encontrarse disponibles en alguna vía pública, o bien, en espacios privados como estacionamientos de alguna empresa o edificio. Todas ellas son instaladas con el fin de tratar de solucionar el problema de la autonomía que alcanzan los vehículos eléctricos de hoy en día, que es limitada y busca que los conductores puedan conducir con mas libertad.



Para ello se destina como lugar de instalación, el estacionamiento de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo IV, detrás de los laboratorios de Ingeniería Mecánica Eléctrica, específicamente entre los LIMES 2 y 3, ya que es considerado como un punto de alta afluencia de vehículos y un buen espacio para realizar la instalación. Con la creación de una infraestructura para vehículos eléctricos, se aportará nuevas soluciones a la movilidad integrada de aquella demarcación, tomando en cuenta que no existen otros puntos de recarga cercanos al territorio, y los más cercanos se encuentran en muy mal estado, por lo que una estación de recarga para vehículos eléctricos ayudará a soportar la demanda actual existente en la zona.

Antes de introducir al lector directamente al dimensionamiento de la estación de recarga, en el presente trabajo, se incluirá información teórica con la intención de establecer conceptos básicos, como el de la energía eléctrica, la energía solar, además de la explicación a detalle de como funciona una instalación o sistema fotovoltaico, incluyendo el funcionamiento del panel solar. También, se explicarán sus componentes principales, su función, la interpretación de los datos de características eléctricas que se extraen de las fichas técnicas de cada uno de los equipos, todo ello con el fin de realizar correctamente el dimensionado de la estación de recarga y su correcta protección para salvaguardar la integridad del sistema y del usuario.

El interés en el desarrollo una estación de recarga es necesario para impulsar la tecnología de esta clase de vehículos, que aunque la velocidad y alcance de estos será más lenta por todas las implicaciones para la industria, sumando los esfuerzos de todo el ecosistema de la movilidad eléctrica se podrá tener el éxito futuro deseado para todos los segmentos como el industrial, social y económico, pudiendo introducir en un futuro muy cercano este tipo de vehículos eléctricos en una competencia directa con los vehículos terrestres convencionales, y al mismo tiempo, combatir la contaminación existente por la quema de combustibles fósiles. También se espera que con esta publicación se pueda hacer consciencia en la sociedad y ayudar a frenar la contaminación.

# Capítulo 2

## Marco Teórico

### 2.1. Teoría de la electro movilidad

Por primera vez desde la década pasada, en la historia de la humanidad, la mayor parte de la población mundial vive en ciudades y no en zonas rurales, se estima que para el 2050 el 60 % de la población viva en zonas urbanas. [4]

Las zonas urbanas en países como India, China, Estados Unidos o México, son las que más contribuyen a la contaminación del medio ambiente por la cantidad de emisiones y gases contaminantes debido a fabricas, sus desechos y a los vehículos de combustión, que son de las principales fuentes de contaminación.

En México la tendencia es aún mayor, ya que más del 80% de los mexicanos viven en grandes ciudades, uno de los casos más conocidos es el de la Ciudad de México que ha tenido un crecimiento en su urbanización de manera descontrolada y sin planeacion, lo que ha llevado a que exista un alto numero de vehículos en el parque vehicular lo que eleva la contaminación ya sea por la falta de supervisión y control de emisiones, el nulo mantenimiento a los vehículos, sean particulares o de transporte, o por la calidad del combustible, debido a su alto contenido de azufre.

En el caso particular de la Ciudad de México, la gran mayoría de los responsables de estos

efectos que dañan al medio ambiente son los vehículos de motor que utilizan derivados del petróleo y las estrategias empleadas por la sociedad, que hasta el día de hoy no se han obtenido grandes cambios que logren incentivar al conductor a cambiar la forma en la que se transporta y como consecuencia el parque vehicular sigue siendo en su mayoría de este tipo de vehículos.

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el total de automóviles que conforman al parque vehicular, registrados al 2017, es de 5,471,904 unidades, considerándose autos particulares, transporte de carga, transporte de pasajeros y motocicletas.

Con base en las últimas actualizaciones de noticias referentes al tema de la movilidad, actualmente, la red pública ha sido rebasada, ya que son regulares los incidentes que retrasan el Metro, el nulo mantenimiento a los camiones y autobuses, o la saturación del sistema de Metrobús en las horas pico, razones por las cuales se busca implementar este tipo de acciones, introduciendo vehículos libres de emisiones y contaminantes al mercado vehicular y que traigan consigo como consecuencia el cambio de la forma en la que se transporta el usuario de un punto a otro, auxiliándose de las nuevas tecnologías que puedan hacer frente a toda la problemática existente.

La teoría de la electromovilidad promueve la utilización de los VE, ya que son una solución rentable y sostenible para reducir emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire que se respira.

Debido a ello, en los últimos años, gobiernos de distintos países que se encuentran avanzados en el tema de la electromovilidad, promueven políticas y estrategias para impulsar e introducir a la sociedad la electromovilidad. como: Islandia, Escocia, Japón, por mencionar algunos, se han comprometido con acuerdos que tienen la finalidad de limitar o quitar del parque vehicular a todos los vehículos de combustibles fósiles antes del año 2030, debido a la contaminación que contribuyen a aportar en gran medida al cambio climático y a los diversos efectos que tiene como consecuencia, como sequías, lluvias extremas y la alteración

de los ecosistemas naturales.

Además, la mayoría de estos países han tratado de introducir al mercado a los vehículos eléctricos con incentivos fiscales o subsidios para el consumidor, la eliminación de impuestos para la importación y el desarrollo de la infraestructura necesaria.

En el caso particular de México, el gobierno ha establecido una meta para el año 2024 donde el 30% de vehículos nuevos a la venta sean eléctricos.

## 2.2. Emisiones por combustibles fósiles

En la actualidad, la humanidad se encuentra viviendo momentos claves para su desarrollo, ya que no existe mucho tiempo para actuar en contra de las consecuencias del cambio climático.

De hecho, desde hace tiempo atrás se han incrementado de una forma bastante alarmante las emisiones de gases de efecto invernadero, siendo el dióxido de carbono el más abundante y el que más tiempo permanece en la atmósfera y océanos, lo cual resulta en retención del calor que a su vez aumenta la temperatura del planeta y en consecuencia se generan graves cambios en las condiciones climáticas de varias partes del mundo.

En México dentro de la Ciudad de México y sus zonas aledañas, de acuerdo con datos del INEGI en el año 2020, la cantidad de vehículos de motor registrados en circulación superaba los 50 millones de autos a nivel nacional y forman parte de la mayor fuente de contaminación ya que son responsables aproximadamente del 95% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, debido a esto son consideradas como las principales influencias en el cambio climático.

## 2.3. Consumo energético por tipo de combustible en el sector de transporte en México

La mayoría de los vehículos utilizados para transporte de pasajeros en México son alimentados con Diesel y gasolina, también existe otro porcentaje, en gran medida que

funcionan con combustibles alternativos, como biodiésel, este último es mucho más utilizado por medios de transporte para generar la energía motriz y que cumplen con la función de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En cuanto al uso del etanol, el cual se obtiene de materia prima que contiene sustancias con alto contenido de sacarosa, almidón o celulosa, ya que estas pueden fermentar fácilmente, su uso depende del porcentaje de etanol en la mezcla, que puede variar desde el 5 % al 80 %, dependiendo del tipo de motor y de las normas y condiciones del país que lo utilice.

Sin embargo, el uso de estos combustibles implican un menor rendimiento en el desempeño del vehículo y su alcance aún es limitado, ya que se necesitan espacios grandes tanto para su producción, y el almacenamiento para destinar las cosechas que se pueden aprovechar por el humano, lo que hace que se vuelva más costoso.

## 2.4. Parque vehicular en México

En México, el parque vehicular esta compuesto según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el año 2020, se registraron alrededor de 47 millones de vehículos registrados en circulación, del cual solo el 1 % pertenece a vehículos eléctricos o híbridos enchufables y motocicletas eléctricas, el otro 99 % está conformado por 67 % automóviles, 24 % de camiones de carga y pasajeros y el 8 % restante de motocicletas.

Aunque el incremento de vehículos en circulación contribuye al crecimiento económico del país también constituye un grave problema de riesgo y daño ambiental que enfrenta la sociedad actualmente, ya que se incrementa a pasos agigantados por el rápido aumento del parque vehicular y trae consigo el aumento de la contaminación al medio ambiente, principalmente al agua, el suelo y la atmósfera sin olvidar un volumen importante de emisiones de efecto invernadero y contaminantes nocivos para la salud.

En resumen, en el parque vehicular mexicano los vehículos de combustión interna siguen predominando fuertemente en el mercado, pero el país realiza esfuerzos para fomentar el consumo de vehículos eléctricos y realizar una transición hacia un futuro más sostenible en el transporte.

## 2.5. Proyección de los vehículos eléctricos e híbridos en la flota vehicular

Como ya se menciona anteriormente, de acuerdo con estadísticas publicadas en 2019, en México existe un parque vehicular de 47,790,950 vehículos en circulación registrados.

Con dichas estadísticas, se puede notar un aumento en el número de vehículos eléctricos e híbridos, pero la cifra aún es menor en comparación con el aumento en los de combustión interna.

La mayor parte de los vehículos que se vendieron en el país en los tres años anteriores fueron en la Ciudad de México y su área metropolitana. Es importante señalar que en relación a los autos híbridos también han crecido las ventas significativamente, siendo un poco más de un millón los contabilizados en el año 2017.

Este dato proporciona un claro indicador de que la demanda en centros de carga de vehículos enchufables y totalmente eléctricos e híbridos también se ha incrementado, y que aun existen aspectos fundamentales que deben analizarse como la infraestructura, los costos relacionados y los gastos de mantenimiento de un vehículo eléctrico en comparación con uno de combustión interna.

Por lo que una de las pautas para la promoción de este tipo de vehículos eléctricos y que puedan ser más utilizados en el futuro cercano, es obtener la preferencia del consumidor, que pueda detenerse y analizar lo conveniente que sería optar con un vehículo eléctrico,

que no le genere tantos gastos y que pueda tener el mismo rendimiento que se obtiene de los vehículos alimentados por diésel o gasolina.

En un futuro muy cercano, con los avances tecnológicos y con la inserción de las estaciones de recarga tanto públicas colectivas como privadas, se prevé un incremento en la adquisición por parte del consumidor mexicano con respecto a los vehículos eléctricos e híbridos.

En los últimos años el gobierno federal ha establecido como objetivo tener 1 millón de vehículos eléctricos en circulación para el año 2024.

## **2.6. Incentivos gubernamentales del tipo de financiamiento o estímulos fiscales**

Se puede hacer referencia a planes y estrategias de ciudades como París, Oslo, Tokio y Estocolmo que apuestan por grandes incentivos a los coches eléctricos para influenciar el comportamiento del usuario en el mercado de la movilidad eléctrica, tales como impuestos, subsidios, pago de derechos, excepciones fiscales o cualquier otro tipo de subsidio que afecte al sistema de precios.

También se realizan acuerdos entre el gobierno y el sector privado para incentivar con el acceso a estacionamientos de forma gratuita, circular en carriles restringidos para evadir el tráfico, o circular en días donde exista alguna restricción vehicular por contingencias ambientales.

Estos incentivos que se promueven son para favorecer el uso de tecnologías que disminuyan la contaminación del aire y los efectos en el cambio climático y así incentivar y hacer consciencia de que es más beneficioso usar este tipo de vehículos eléctricos.

En nuestro país, el Gobierno de México han sido varios los decretos e iniciativas publicadas

en el DOF como el llamado 'Decreto por el que se reforma la ley general de movilidad y seguridad vial, y la ley general de asentamientos humanos, ordenamiento territorial y desarrollo urbano para implementación de lugares de aparcamiento para vehículos eléctricos e híbridos en espacios públicos y privados' o el 'Decreto por el que se modifica la Tarifa de la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación' donde se presentan los beneficios de utilizar un vehículo eléctrico, como el ISR, en la Ley del Impuesto del Valor Agregado, el Código Fiscal de la Federación y de la Ley del Impuesto sobre Automóviles Nuevos, siendo este último su principal incentivo y la eliminación de aranceles al importar de otros países.

Todo esto es llevado a cabo a través de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), que es un organismo desconcentrado de gobierno, y de la Secretaría de Energía (SENER), que es la encargada de emitir los lineamientos aplicables a las flotas en las que un determinado porcentaje de los vehículos arrendados o comprados por el gobierno sean eléctricos o enchufables ó coches híbridos.(SEMARNAT, 2018).

## 2.7. Transporte urbano electrificado

Como ya se ha mencionado anteriormente, la mayoría de las grandes ciudades se encuentran en un proceso de cambio debido a que existe una mayor conciencia respecto a cuidar el medio ambiente, sumando el cambio de mentalidad y cultura, también por las restricciones por la congestión vehicular y por los niveles de emisiones que implican, como lo son programas como el "hoy no circula", estrategia que nos rige a los ciudadanos de la zona metropolitana del Valle de México. Esta información se refuerza por los niveles de contaminación máximos históricos, reportados en la mayoría de las grandes ciudades, lo que hace que la movilidad compartida se profile como una necesidad.

Por ejemplo, en Noruega, uno de los uno de los desafíos que se han identificado es la demanda creciente de electricidad para cargar los vehículos, ya que el parque vehicular de aquel país esta conformado en un 80 % por vehículos eléctricos y el restante por vehículo



de combustión y a medida que más personas compran vehículos eléctricos, es necesario asegurar que la red eléctrica pueda manejar la demanda adicional que generan estos vehículos eléctricos.

Sin embargo, ha sido tanto el éxito obtenido en aquel país, que durante el año 2023, el estado pidió a los usuarios hacer más uso el transporte público, ya que, como son tantas las ventajas gubernamentales que tiene el usuario al tener un vehículo eléctrico, que se ha deteriorado el sistema financiero relacionado con el transporte público y privado, dando a conocer al mundo que el uso de una estrategia gubernamental agresiva puede ser un caso de éxito para los demás países que han querido replicarlo, que al mismo tiempo puede producir un desbalance en las finanzas del gobierno, considerando que ya no necesitan este tipo de estímulos para incentivar a la población a comprarlos. También, los países que desean replicar este sistema tienen una proyección real de como se comportaría el mercado en un futuro no muy lejano.

La Ciudad de México es un claro ejemplo de movilidad en grandes cantidades de personas, con una población de más de ocho millones de personas tan solo viviendo dentro de la ciudad, además de la zona metropolitana, que en conjunto superan más de veinte millones de personas. Los métodos de transporte masivos eléctricos son: el metro, el trolebús, el teleférico y recientemente se le han añadido flotas de taxis de vehículos eléctricos. Todos estos transportes están diversificados en distintas áreas de la ciudad y su operación y explotación está a cargo de los organismos públicos descentralizados.

Con ayuda de programas y estrategias se espera que los ciudadanos apuesten por desplazarse a través de las diferentes opciones que tiene a su alcance, siendo el transporte público masivo electrificado una alternativa viable.

# Capítulo 3

## Estaciones de recarga para VE

### 3.1. El vehículo eléctrico

Con la introducción en el mundo del primer vehículo eléctrico en 1839, desde ese tiempo hasta la fecha se han producido distintas innovaciones en el diseño y funcionamiento, tratando de disminuir el impacto ambiental que tienen los combustibles fósiles usados por estos vehículos en el medio ambiente.

En la actualidad, el mercado de los autos eléctricos ha crecido gradualmente, debido en parte al cambio de movilidad, donde se busca migrar de vehículos alimentados a partir de combustibles fósiles hacia vehículos eléctricos que funcionan con fuentes de energía renovables.

Esta oferta de energías cero emisiones empieza cada día a crecer en mayor cantidad y se empiezan a tener mayores opciones en cuanto a la movilidad eléctrica, hoy en día ya se encuentra todo tipo de transportes, como lo son, automóviles, camiones de pasajeros, motocicletas, bicicletas, scooters, etc.

Depende de cada transporte eléctrico la infraestructura necesaria para realizar su recarga, ya que intervienen distintos tipos de factores dependiendo de las características del tipo de servicio al que este destinado.

En consecuencia, la mayor parte de fabricantes y proveedores que han incursionado en estas nuevas tecnologías, como lo son las electrolinerías o estaciones de carga de vehículos eléctricos que ofrecen formas rentables para poder realizar la recarga de los diferentes tipos de vehículos eléctrico en los últimos años, ya que la infraestructura para este tipo de transporte ha tenido un crecimiento tecnológico acelerado, ya que se pueden ser utilizados para recargar fácilmente el vehículo y con la gran ventaja de que pueden ser instaladas en distintos lugares como lo son, viviendas, estacionamientos o cualquier lugar que cuenta con un terreno que cuente con las condiciones para instalar las estaciones.

Una de las tecnologías mas sobresalientes de los últimos años que ayudan a la autonomía del vehículo eléctrico, es el freno regenerativo, esto hace que los motores eléctricos sean mas eficientes en comparación con los de combustión interna, ya que pueden tomar cierta ventaja de estas técnicas de ahorro de energía, ya que el freno regenerativo recupera parte de la energía que se pierde por el calor y la fricción, estos pequeños detalles que pueda pensarse en una movilidad totalmente eléctrica en un futuro no tan lejano.

### **3.2. Estaciones de Recarga o Electrolinerías**

Se denomina así al conjunto de componentes y equipos que se utilizan para suministrar Corriente Continua (CC) o Corriente Alterna (CA) al Vehículo Eléctrico (VE), el cual es suministrado a través el puerto de carga a la batería del vehículo, que es alimentado por un cargador conectado a la alimentación de la electrolinería, una vez realizado este proceso el cual depende de la capacidad de carga de la batería y la potencia de la estación, se obtiene la energía necesaria para conseguir la autonomía necesaria para volver a usar el vehículo eléctrico.

La determinación del enchufe o conector depende de la marca, modelo, fabricación del propio vehículo eléctrico, razón por la cual se han diversificado estos conectores en los últimos años.

En la actualidad se encuentran disponibles diferentes enchufes para realizar la recarga del vehículo eléctrico que pueden realizar la recarga en corriente continua (CC) y corriente alterna (CA).

Hoy en día las estaciones de recarga rápida incluyen hasta tres tipos de conectores en un solo equipo, por ejemplo, se puede encontrar en una estación de recarga con las siguientes configuraciones, un conector para carga en corriente alterna, un conector para carga en corriente continua, y un conector en corriente alterna y continua, entre otros, todo esto es diseñado en base a la localización, la potencia de alimentación y el tipo de conector estandarizado para la región donde este operando la estación.

### *Electrolineras*

Una electrolinera es un lugar especializado en la recarga de las baterías del vehículo eléctrico, el cual dispone de la energía suficiente para abastecer la demanda. Su funcionamiento es semejante al de una gasolinera, en cambio, en vez de suministrar gasolina o Diesel, suministra energía eléctrica, puede ser en CA o en CC para que el vehículo eléctrico pueda conseguir una cantidad de energía considerable para que consiga la autonomía deseable.

El término 'electrolinera' es una palabra que combina los términos 'electro' y 'gasolinera', se originó en los años 90, a su aparición en el mercado y debido al creciente número de vehículos eléctricos en el parque vehicular y la necesidad de lugares que suministren la energía necesaria al vehículo eléctrico para su desempeño.

La gran ventaja es que no ocupan demasiado espacio en comparación con las gasolineras, y son fáciles de ubicar, por ejemplo en centros comerciales, condominios residenciales, edificios de oficinas y algunos otros espacios públicos, inclusive se pueden llegar a instalar en domicilios.

La clasificación de los puntos de recarga puede dividirse de la siguiente manera de acuerdo

con [2] :

- Modos de recarga
- Modo de conexión del vehículo
- Tipo de conector

### 3.3. Modos de recarga

En la actualidad existen gran variedad de tipos de recarga y modos que garantizan la recarga de vehículo eléctrico en un tiempo determinado a una potencia dada, se pueden dividir en dos tipos, recarga en CA y recarga en CC, siendo la ultima la mas eficiente por la rapidez con la que realiza el procedimiento de la recarga.

#### 3.3.1. Recarga en Corriente Alterna

La recarga en CA la conforman todos los componentes y equipos necesarios utilizados para suministrar corriente alterna al vehículo, los cuales son instalados en envoltentes y que poseen funciones de control especiales.[6]

Para este tipo de estaciones de carga, se pueden suministrar diferentes niveles de voltaje y corriente, dependiendo de las necesidades de la instalación.

En México, las estaciones de carga de CA monofásicas suministran un voltaje de 220 V, con corrientes de 16 A, que ofrecen una potencia de entre 3 y 7 kW, mientras que en las estaciones de carga de CA trifásicas se maneja un voltaje entre 380 V y 440 V, con corriente de hasta 32 A y su potencia de carga de hasta 22 kW.

Un punto importante a considerar es que el voltaje y la corriente que se utilizan, dependerá del tipo de estación diseñada y del vehículo eléctrico y su capacidad de carga.

Adicionalmente, se ocupa una conexión de cable de tierra en el toma corriente, que se indica por lo regular en el esquema de comunicación del vehículo.

Para las estaciones de carga rápida en corriente alterna se dispone de un SAVE o Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico que permite monitorear la recarga, la cual se realiza mediante un cable con conectores especiales en ambos lados que integran esa función piloto mediante pines de control y señal desde el enchufe del VE hasta el de la estación de recarga.

### **3.3.2. Recarga en Corriente Continua**

Son estaciones que transfieren potencias de cargas elevadas, para la denominada carga rápida de un vehículo eléctrico; lo conforman todos los componentes y equipos necesarios utilizados para suministrar CC al vehículo, instalados en envolventes y se encuentra situado fuera del vehículo.[6]

La recarga directamente en CC de la cual se obtiene una potencia de salida del orden de 50 kW o más, por ejemplo, para un vehículo eléctrico con una batería de 20 kWh, si se le administra una recarga de 50 kW, con este tipo de recarga teóricamente en 15 minutos se puede cargar el 65 % de la batería, descartando factores como la temperatura y ciclo de vida de esta batería.

Para ello la estación de recarga debe de tener integrado su propio convertidor de corriente alterna a corriente continua, el convertidor de la estación por lo general es capaz de manejar más potencia y tensión obteniendo un ahorro en peso, pérdidas y calentamiento dentro del convertidor del coche.

## **3.4. Tipos de recarga**

Se consideran cinco tipos de recarga según su velocidad de carga, es decir, cuánto tiempo lleva cargar la batería, que depende directamente de la cantidad de energía disponible

suministrada por la estación. [7]

El tipo de recarga es de suma importancia para el diseño ya que se relaciona con las características de las baterías y los conectores en la estación de carga, en este caso los datos recopilados son la potencia proporcionada por el punto de carga. [6]

Se suelen dividir en dos tipos, la recarga lenta y recarga rápida, las cuales se subdividen dependiendo a su vez de las diferentes potencias de recarga que se suministre a la estación.

Lo que se le conoce como recarga lenta, esta puede realizarse perfectamente en corriente monofásica y que será la que tendrá mayor presencia en la infraestructura de recarga.

En cambio, la recarga rápida en corriente alterna requiere potencias de magnitud superior, en torno de los 20 kW a 40 kW, en este caso son potencias que deben facilitarse de una corriente trifásica.

El hecho de poder cargar con mayor intensidad y, por lo tanto, mayor energía o menos tiempo hace que también se considere la carga en corriente continua. En este caso, se precisa un nuevo componente con el que, normalmente no estará equipado a el vehículo, que es un rectificador, que además, deberá controlar la intensidad de la carga. [11]

De cualquier forma, la carga rápida requiere mayor potencia que la carga lenta, para implementarse la recarga de esta manera, se necesita de una posible ampliación de la red existente ya sea en el entorno domestico como fuera de él, ya que, ya que al tener mayor potencia, se opera con mayores corrientes, las cuales requieren mayores medidas de protección.

Tambien es necesario tener en cuenta la previsible diferencia de un precio en la energía suministrada para los dos tipos de corriente hace que un vehículo tenga la necesidad de estar preparado para la carga rápida tanto como para la recarga lenta, y, en definitiva, con

dos tomas diferentes de corriente.

A continuación se describen brevemente las clasificaciones de los tipos de recarga:

### **3.4.1. Súper-lenta**

Se refiere a cuando la corriente es limitada a máximo 10 amperes, ya que no se cuenta con una correcta instalación eléctrica. El tiempo de recarga para un vehículo eléctrico convencional con baterías puede llevar hasta 12 horas.

### **3.4.2. Lenta**

Se suele usar en su mayoría en domicilios, y es por ello que a algunas veces es nombrada como "convencional". La corriente que maneja es de 16 A a una potencia de 3.6kW, y el tiempo de recarga de una batería completamente puede llegar a ser de hasta 8 horas.

### **3.4.3. Semi-rápida**

En inglés se suele llamar 'quick-charge', que es más lenta que la 'fast-charge'. Puede hacerse en corriente alterna y va con una potencia de unos 11 kW hasta 22 kW. Empresas de la industria automotriz han apostado por este tipo de recarga, ya que en algunos modelos pueden llegar a tardar tan solo una hora y media el tiempo de recarga de la batería.

### **3.4.4. Rápida**

También conocida como 'fast-charge', en este tipo de recarga por lo general la potencia suministrada va desde los 44 kW hasta los 50 kW, siendo la segunda la más habitual de encontrar, el tiempo de recarga puede ser de tan solo 30 minutos para recargar hasta tres cuartas partes de la capacidad de almacenamiento de la energía.



### 3.4.5. Ultra-rápida

Es muy poco usada, y puede considerarse hasta cierto punto como un experimento, en vehículos eléctricos con supercondensadores, como en los autobuses eléctricos. El tiempo en que se puede llenar la capacidad de la batería es de solo 10 minutos, pero con la consecuencia de que se reduce la vida útil de la misma por las altas temperaturas que se llegan a alcanzar mientras se realiza el proceso de recarga.

## 3.5. Características técnicas

Algunas normas en Europa, que son tomadas como referencias por las autoridades mexicanas, como la IEC 60038, indican que el valor del voltaje y la frecuencia con que se alimenta al vehículo en CA es hasta de 690 V y de 50 a 60Hz respectivamente. Para el caso de nuestro país, como no se encuentran normalizadas los componentes y las partes constitutivas de la estación se permite tener una tolerancia, y que puedan trabajar adecuadamente con valores cercanos que no oscilen en un porcentaje mayor al  $\pm 10\%$ .

En México, los requisitos para instalar una estación de carga son relativamente sencillos, los cuales se describen brevemente a continuación:

Principalmente, se aconseja a los usuarios que acudieran al centro de servicio de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para solicitar un segundo medidor dedicado para el cargador del automóvil, de modo que pudieran disfrutar del bajo precio, ahorrar en las facturas del automóvil y que no afectará al contador utilizado para consumo directo de la vivienda.  
[13]

Posteriormente, se realiza una visita por personal autorizado de CFE al domicilio para verificar si la infraestructura eléctrica de la casa/edificio tiene lo necesario para soportar la inclusión del segundo medidor y la carga que se le destinara para cargar el auto.

El usuario debe tener los datos técnicos del equipo, los cuales deben contener:

- La carga instalada (potencial nominal requerido por el cargador)
- Tensión de suministro (tensión a la que se conecta el equipo cargador) e Hilos de corriente.
- Demanda contratada la cual debe ser igual a la carga instalada.

Una vez realizado los pasos anteriores, la empresa misma (CFE) puede ofrecer distintos tipos de cargadores de distintas marcas que el usuario pueda costear, o bien, solo dejar listo todo para que los proveedores automotrices suministren el cargador y la instalación de este. El cargador deberá tener una conexión a tierra para garantizar un funcionamiento seguro del mismo. [14]

"También CFE recomienda que los cargadores cumplan con lo dispuesto en la norma IEC/CISPR25 y en la guía rápida IEC-107." [13]

## 3.6. Clasificación de las estaciones de recarga

Se clasifican en dos categorías, de tipo poste y los de tipo pared, siendo estos últimos nombrados también como 'Wallbox'.

A continuación se explican ambos tipos de estaciones:

### 3.6.1. De Tipo Poste

Las estaciones de recarga clasificadas como las de tipo poste son instaladas en un poste vertical y son utilizadas para cargar vehículos eléctricos, existe gran variedad de modelos disponibles en el mercado y son de coste bajo.

Con un diseño antivandálico preparado para garantizar una carga segura en el exterior, estos puntos de recarga permiten una carga monofásica (7.3 kW) o trifásica (22 kW) son por lo regular del tipo modo 3 de carga y están normalizados por la norma IEC 61851[21].

Cuentan con toma de salida Tipo 2 (IEC 62196 [24], 'Mennekes'), con la posibilidad de

elegir versión 'socket o manguera de muelle',[23], dependiendo del vehículo eléctrico, puede requerirse de un cable de carga compatible con el conector del cargador. El tiempo para realizar la carga de un VE oscila entre 2 y 6 horas, dependiendo de la capacidad del cargador y del vehículo.

Los cargadores de tipo poste se pueden instalar en lugares diferentes, al igual que los cargadores de tipo pared o Wallbox, siendo los lugares de instalación mas comunes los siguientes:

- Estacionamiento privado
- Centros comerciales
- Plazas publicas



Figura 3.1: Estación de carga para VE, Centro Histórico de la Ciudad de México.

En la figura 3.1 se puede observar este tipo de cargadores 'Tipo Poste', los cuales se encuentran distribuidos en distintas zonas del centro de la Ciudad de México, estos postes forman parte de la infraestructura de las estaciones de carga puestas en marcha

por el gobierno, y que hacen posible al usuario cargar su vehículo mientras se encuentra estacionado en el centro de la ciudad.



Figura 3.2: Cargador Tipo Poste en estación de carga, Sanborn's Villa de Cortes, Ciudad de México.

### 3.6.2. De Tipo Pared

Este tipo de cargador se encuentra ubicado en una pared y es la que alimenta con energía eléctrica a la batería del vehículo eléctrico, se nombra de esta manera ya que esta compuesto de dos términos en inglés que son 'wall' de pared y 'box' de caja. Se puede emplear tanto en instalaciones eléctricas monofásicas como trifásicas ya que pueden suministrar corriente alterna o corriente directa al vehículo eléctrico, los mas comunes son de CA.

Los cargadores tipo 'Wallbox' son fáciles de instalar y pueden ser instalados en diferentes lugares, los más comunes son:

- Casas Propias
- Edificios de empresas
- Centros comerciales
- Plazas publicas

Para implementar alguno de los cargadores 'Wallbox' es necesario realizar la instalación de dicho cargador y conectarlo a la red eléctrica. Este tipo de cargadores cuentan con una interfaz fácil, accesible y cómoda para el usuario y también tienen la opción de manejar y suministrar la potencia de carga deseada.



Figura 3.3: Cargador Tipo Pared en estación de carga, Ciudad de México.

Como se menciona, también se puede regular la intensidad a la que es llevada la recarga, y en algunos casos, cuando por ejemplo, la red no está aislada del suministro eléctrico y se encuentran distintos dispositivos conectados a la red el cargador tiene la capacidad para regular la corriente, o en otro caso, cuando no se encuentran aparatos conectados a la red, el cargador da prioridad a la recarga de la batería, a esto se le conoce como Control Dinámico de Potencia[17].

El cargador tipo Wallbox cuenta con la protección necesaria para salvaguardar la seguridad del usuario y del vehículo eléctrico, la potencia que se puede alcanzar en una recarga semi rápida puede ser de hasta 22 kW, lo que hace esto hasta 9 veces mayor en comparación con el enchufe que se tiene regularmente en los domicilios.

Adicional a esto, se pueden subdividir en de dos distintas categorías, los modelos Plug & Charge (enchufar y cargar) y los cargadores inteligentes.

- Plug & Charge (Enchufar y cargar)

En la actualidad son los modelos de tipo pared más comercializados y por lo tanto su disponibilidad es casi inmediata, son de bajo costo y efectivos. Son conocidos como 'Plug & Charge' por su significado en español, que es 'Conectar & Cargar', es decir que el usuario solo tiene que realizar la conexión del cargador hacia el vehículo para empezar el proceso de recarga. Permite añadir funciones extra como el comando de activación, lo cual es una solución ideal para bloquear el acceso al cargador a personas que puedan hacer un uso malintencionado de la estación y del cargador. [18]

- Cargadores inteligentes

En la actualidad existen cargadores inteligentes que complementan las necesidades del usuario para casos en específico.

Las estaciones de recarga pueden contar algunas veces con un sistema de control dinámico de la energía (CDP), que es un control dinámico de potencia que permite manipular la generación del inversor en una instalación fotovoltaica, de acuerdo a el consumo del usuario, es decir, que la electrónica interna de este componente permite igualar la energía consumida con la total en determinado tiempo, la energía restante se redirige a la carga del vehículo, de esta manera, cuando se consume mayor energía la velocidad de la recarga será más lenta, y de manera contraria, cuando la energía consumida es menor, la velocidad de recarga es más rápida. [19]

Por lo regular, debido a los bajos costos en su producción y venta en comparación con otros tipos de cargadores, este tipo de cargadores inteligentes son mas usados en domicilios y/o empresas, donde no existe mucha demanda de energía a lo largo del día, o donde puede ser intermitente el uso de esta.

La mayoría de estos cargadores que superan una potencia mayor a los 22 kW se instalan en electrolinerías, suelen ponerse en electro linerías y zonas de paso tanto en ciudades como autopistas. [20]

## 3.7. Clasificación de los conectores de recarga

Debido a los grandes avances tecnológicos en los últimos años referentes a la movilidad en vehículos eléctricos y a la diversificación de los mismos en todo el mundo, se han puesto a disposición diferentes tipos de conectores, modos de carga, y por lo tanto diferentes especificaciones a la hora de su construcción y comercialización de los mismos. [25]

En este apartado se mostrarán los diferentes tipos de conectores y sus especificaciones de cada uno de ellos, así como de los empleados para cada modo de recarga que se mencionan en el capítulo 3.9.

### 3.7.1. Tipos de conectores

#### Conector Schuko

En la figura 3.4 se muestra el conector 'Shuko' que por lo regular se encuentra en las instalaciones europeas, en domicilios que es lo más común, también se le conoce con el nombre de conector 'Tipo F' y se encuentra estandarizado. Cuenta con dos bornes y toma a tierra. Estos conectores usan los modos de recarga 1 y 2, y en su mayoría las personas la usan para recargar bicicletas y motos eléctricas, aunque también es muy común que realicen la recarga de vehículos eléctricos, trabajan a un voltaje menor a 250 v alcanzan una corriente de 16 A, y la potencia que puede alcanzar es de hasta 2.3 kW.[26]



Figura 3.4: Conector Shuko

### Conector SAE J1772

Se suele encontrar con el nombre de 'Yazaki' en algunas partes del mundo, es un estándar norteamericano y su uso es exclusivo de los vehículos eléctricos.

Tiene 5 bornes, dos de los cuales son para la corriente, el tercero de tierra, y los otros dos sirven para detectar la proximidad y de control, que cuentan con la capacidad de verificar si se encuentra en buena comunicación o si el coche llegará a estar en movimiento. La distribución de pines se muestra en la figura 3.5, donde L es el puerto para una línea, N para el neutro, PP para el puerto de proximidad, CP del control piloto y por último PE el pin de tierra. [7]



Figura 3.5: Conector SAE J1772

Se suele usar en diferentes tipos de recarga, puede ser rápida o lenta en modo monofásico, ajustándose a voltajes y corrientes máximas de 32 A y con potencias de 7.4 kW. se divide en dos tipos:

- Nivel 1: Hasta 16 A, para recarga lenta.
- Nivel 2: Hasta 80 A, para recarga rápida.

### Conector Mennekes

De origen alemán y del tipo industrial, el conector 'Mennekes', el cual se muestra en la figura 3.6, cuenta con cuatro bornes donde circula la corriente, puede ser monofásica o trifásica dependiendo de las características de la instalación, uno de tierra y dos bornes mas de comunicación, alcanza corrientes de hasta 63 A y genera una potencia de 43 kW. [7]





Figura 3.6: Conector Mennekes

### Conector Único combinado CCS (Combined Charging System)

El 'Conector unico combinado' es conector que surgió como una propuesta de los norteamericanos para la recarga en corriente directa, se compone de un conector combinado de un conector tipo 2 de CA y un conector de CD con dos terminales, cuenta con cinco bornes, dos de comunicación, otros dos de corriente y el restante de toma a tierra, como se muestra en la figura 3.7 suele conocerse como Combo 2 y funciona para tipos de recarga rápida y también lenta, alcanza hasta 32 A y una potencia de 7.4 kW. [7]



Figura 3.7: Conector Único Combinado (CCS)

### Conector Scame

Mostrado en la Figura 3.8, también es conocido como 'EV Plug-in Alliance'. Suele contar con hasta 7 bornes, admite hasta 32 A para una recarga del tipo semi rápida. La potencia que alcanza es hasta de 22 kW, suele usarse mucho en los micro coches eléctricos. Puede ser un sistema monofásico o trifásico.[7]



Figura 3.8: Conector Scame

### Conector CHAdeMO

La mayoría de estos conectores son fabricados en Japón, es para potencias demasiado elevadas, de hasta 50 kW a 200 A, por lo que cuenta con diez bornes donde cuatro son de corriente, cuatro de comunicación y dos de toma a tierra, como puede ser observado en la Figura 3.9. La gran ventaja de usar este tipo de conectores es que su nivel de comunicación es bastante eficiente ya que entre mayor sea el porcentaje de llenado de la batería este disminuye la intensidad de carga, también es el conector más grande de todos los conectores en cuanto a su diámetro y cables de conexión.[26]



Figura 3.9: Conector CHAdeMO

### 3.8. Tiempos de recarga

Existen algunos factores que se derivan mientras se hace el proceso de recarga que puedan ocasionar algún mal funcionamiento y retrasar el tiempo en el que se hace la recarga, por ejemplo, en lugares secos y desérticos la temperatura es demasiado alta y que pueden influir en la recarga, para ello, suelen existir sistemas de ventilación de baterías que contrarrestan estos efectos y que ayudan a alargar la vida útil y a conservar una temperatura moderada.

Las características eléctricas de la estación como la intensidad y el voltaje que se manejan, son aspectos importantes que deben tomarse en cuenta, ya que por ejemplo, si es una estación de recarga colectiva o pública, con ayuda de la tecnología implementada en la estación puede moderar el suministro de energía a la o las cargas, es decir, si se recargan varias baterías simultáneamente, la interfaz de la estación debe conocer cual es la batería que se encuentra mayormente descargada y que será la que más tiempo de recarga utilice, y con ello suministrar una corriente que pueda solventar este problema, ya que, como se menciona anteriormente, uno de los grandes inconvenientes es que entre más tiempo se recargue, más tiempo costara en llenar la batería en toda su capacidad. [27]. Otros de los factores que influyen en el proceso para realizar una recarga de la manera correcta, son: si el vehículo no se usa en un tiempo determinado se perderá más fácilmente la carga por las limitaciones electroquímicas de las baterías, o bien, si se encuentra o expone a bajas temperaturas se descargará mas rápido, este tema se retomará más adelante, en el capítulo 4.10, con el fin de explicarlo a detalle.

Evidentemente el tiempo de carga siempre dependerá en mayor parte de la potencia del cargador, es decir, si hablamos de un cargador de recarga lenta este tardará 8 horas en realizar todo el proceso de recarga, mientras que los cargadores de corriente continua y carga rápida tardarán 1 hora en completar la carga completa de la batería; y si es en un punto de recarga ultra-rápida tardarían únicamente 15 minutos, hablando en términos de una carga completa, es decir, el 100 %, por lo cual en el dimensionamiento del sistema siempre será importante tener en cuenta estos factores, para que sobre todo sea más fácil

de usar por el usuario.

El tiempo de carga de una batería esta dado por la fórmula 3.1:

$$Duración(t) = \frac{Capacidad\ de\ la\ batera(kWh)}{Potencia\ de\ carga(kW)} \quad (3.1)$$

### 3.9. Modos de carga y de conexión (o nivel de comunicación)

La norma IEC 61851 en conjunto con sus anexos proporcionan los requisitos para la conexión de equipos para cargar vehículos eléctricos. [28] Es en ella, en que la producción de la infraestructura en nuestro país se apoya para el desarrollo de las tecnologías y que dan la pauta a seguir para los modos de carga empleados por las estaciones de recarga instaladas en nuestro territorio.

Estos modos de carga se relacionan con el nivel que existe de comunicación entre el VE y la estación de recarga, ya que cuentan con el control durante el proceso, para programar y analizar el estado de los componentes o inclusive hacer un paro de emergencia o verter energía a la red.

A continuación se describen los modos de carga y su conexión para vehículos eléctricos.

#### 3.9.1. Modo 1

En este primer modo de carga, la conexión del VE a la red de corriente alterna se realiza mediante conexiones pre-establecidas, que cumplen con los estándares nacionales e internacionales, con corrientes de hasta 16 A.

Por lo regular las estaciones de recarga que emplean este modo, son domésticas, ya que las tomas de corriente pueden entregar la energía fácilmente y de forma un tanto económica la potencia necesaria y por lo tanto es de las más usadas.

Sin embargo, para este modo de recarga existen una serie de medidas de seguridad que se deben tener en cuenta, como que los dispositivos de protección que se recomiendan para la carga deben ser adecuados del lado del abastecimiento, como un fusible o disyuntor de protección contra sobrecorriente, toma a tierra, y un dispositivo de corriente residual (RCD) que desconectará la alimentación si se detecta una corriente de fuga de un cierto valor, dichas medidas de protección son para obtener el mayor rendimiento posible de la estación y que no se afecte el correcto funcionamiento que proporcionan.

### 3.9.2. Modo 2

En el Modo 2 de carga, la conexión el VE a la red de CA se realiza mediante tomas de corriente estandarizadas, pero a diferencia del modo 1, dentro del arreglo de la instalación existe una protección que proporciona seguridad, mediante un elemento de control entre el VE y la toma de corriente, que forma parte de la protección hacia el usuario y la carga.

La principal desventaja de este modo es que el elemento de control protege el cable y el vehículo, pero no a la propia toma de corriente, siendo esta, de los componentes más susceptibles a recibir daños durante el proceso de carga.

### 3.9.3. Modo 3

En el modo 3 de carga la conexión del vehículo eléctrico es directa a la red eléctrica y se realiza mediante la utilización de equipos de recarga específicos para vehículos eléctricos. Este modo de carga puede presentarse en lugares públicos o privados.

La norma IEC 61851-1 [21] regula la protección entre los equipos conectados permanentemente a la red de abastecimiento y el vehículo, al igual que medidas adicionales proporcionadas por el elemento de control llamado piloto de control, el cual ejerce las siguientes funciones: verifica que el vehículo esté conectado correctamente, que los elementos de protección estén en buen estado, prender o apagar el sistema y además puede modificar la velocidad de recarga.

### 3.9.4. Modo 4

En el último y cuarto modo, el VE se conecta indirectamente a la red mediante un cargador externo, donde el elemento de control está conectado permanentemente. Este tipo se refiere a las estaciones de carga de CC porque se utilizan para la carga rápida. El cargador está ubicado fuera del vehículo y debe haber una comunicación constante entre la batería del vehículo y el cargador sobre el estado de carga para proporcionar valores de voltaje y corriente suficientes.



Figura 3.10: Modo 1



Figura 3.11: Modo 2



Figura 3.12: Modo 3



Figura 3.13: Modo 4

En las figuras 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 que se muestran en la parte de arriba se dan a conocer los modos y sus principales características de cada uno de ellos.

### 3.9.5. Conexión A

Conexión de un vehículo eléctrico a la red de CA, mediante un cable de alimentación y una clavija permanente unidas al VE, como se puede observar en la Figura 3.14.

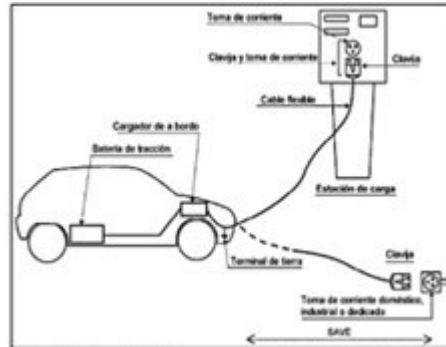


Figura 3.14: Conexión A

### 3.9.6. Conexión B

La Figura 3.15, muestra la conexión de la red de CA a un vehículo eléctrico, mediante un cable de conexión desmontable.

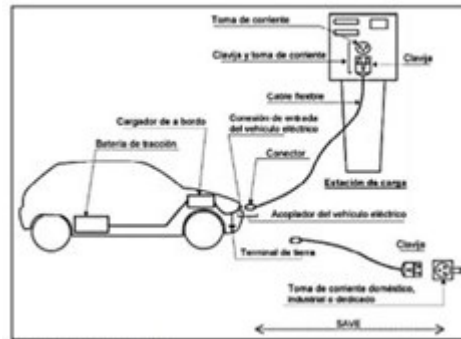


Figura 3.15: Conexión B

### 3.9.7. Conexión C

Conexión de un VE a la red de CA, mediante un cable que alimenta y un conector del vehículo unidos al equipo de alimentación, como lo muestra la Figura 3.16.

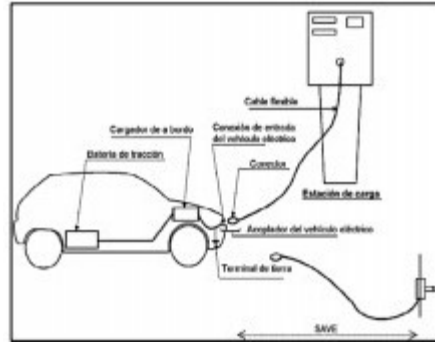


Figura 3.16: Conexión C

### 3.10. Factores que influyen en el proceso de carga

Son diversos los factores que pueden presentar un problema a la hora de realizar el proceso de carga, ya que al ser una tecnología que todavía se encuentra en desarrollo se presentan inconvenientes durante la vida útil de los cargadores.

Entre los problemas más usuales que se presentan técnicamente es cuando existe un bajo suministro de voltaje o cuando presenta intermitencias de voltaje, ya que debido a la interfaz del cargador este lo limita o lo interrumpe totalmente para evitar algún mal funcionamiento del equipo. Otro problema, aunque menos usual, es la temperatura presentada en las baterías, ya que si esta alcanza una temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$  o superior, el cargador limita la carga para que la intensidad de corriente de la recarga disminuya y así no dañar la vida útil de la batería. Aunado a ello, se consideran las acciones tomadas por los usuarios de los vehículos de combustión, ya que regularmente ocupan los lugares destinados para la recarga de vehículos eléctricos, y debido a la limitante en la longitud del cargador puede verse afectado el proceso.

#### 3.10.1. Distorsión Armónica

Durante la carga se puede presentar la DAT (Distorsión Armónica Total o THD por sus siglas en inglés), que como su nombre lo indica es una distorsión en la señal eléctrica y puede causar inconvenientes como la degradación de la batería del vehículo, calentamiento e interferencia con otros equipos eléctricos cercanos como equipos de audio y vídeo o sistemas



de seguridad del propio vehículo. El valor de DAT que es permitido durante la recarga de los vehículos depende de la normativa aplicable y las regulaciones de cada región. Por ejemplo, en Europa según la Directiva 2014/94/UE [9] del Parlamento Europeo y del Consejo, que menciona en su anexo II, sección 5 que los puntos de recarga no deben provocar una DAT superior al 5% de acuerdo con la norma EN 61000-3-11, además, deben cumplir con los requisitos de inmunidad a perturbaciones electromagnéticas de acuerdo con la norma 61000-6-1; en China, la norma que establece los requisitos de seguridad y rendimiento para los sistemas de carga en VE es la GB/T 18487.1-2015 [10]. En el continente Americano, no existen normas o regulaciones establezcan límites máximos de DAT para la recarga, sin embargo, en los Estados Unidos, país que lidera la transición en dicha parte del planeta, existe una serie de recomendaciones en el Capítulo 11 del NEC [29] pero no incluye una sección específica para la recarga de vehículos eléctricos. De igual forma se recomienda consultar normas y regulaciones ya que por el avance tecnológico estos documentos están en constante cambio.

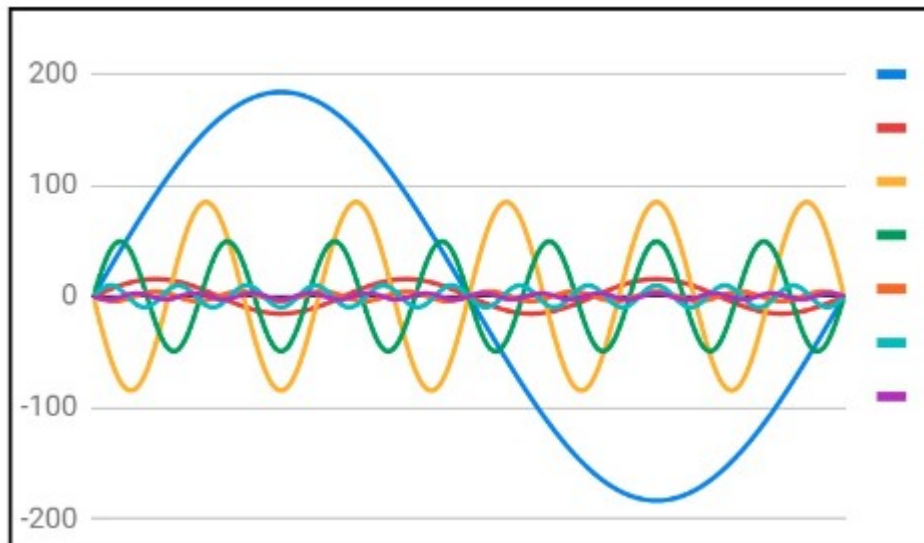


Figura 3.17: Gráfica de una onda senoidal con distorsión armónica

En México, actualmente no existe una norma o regulación específica que considere la distorsión armónica total (THD) para la recarga de vehículos eléctricos, sin embargo, las instalaciones eléctricas en México deben cumplir con las normas mexicanas oficiales (NOM)

y los estándares internacionales de seguridad eléctrica para garantizar la seguridad del usuario y la integridad de la red eléctrica.

En el caso de la recarga de vehículos eléctricos, la instalación eléctrica deberá cumplir con los requisitos establecidos por el fabricante del equipo de carga, y se recomienda seguir las normas técnicas internacionales relevantes como la IEC 61851 y la IEC 60364.

Es importante tener en cuenta que la Comisión Reguladora de Energía (CRE) en México es el organismo encargado de regular y supervisar el mercado eléctrico en el país, por lo que es posible que en el futuro se establezcan regulaciones específicas sobre la recarga de vehículos eléctricos, incluyendo posiblemente límites máximos de DAT.

Para disminuir la DAT en el proceso de recarga se utilizan filtros para reducir las armónicas.

### **3.10.2. Desequilibrio de fase**

Durante la recarga otro de los problemas que puede presentarse durante el proceso es el desequilibrio de fase, esto significa que la corriente eléctrica no se distribuye de manera uniforme entre las fases del sistema eléctrico de carga, puede ocurrir cuando se encuentran varios VE conectados al mismo tiempo, lo que puede provocar una carga desigual en fases. Por lo general, se suelen usar sistemas de carga inteligentes que monitorean y equilibran la distribución de la corriente eléctrica entre las fases, además de que los VE tengan sistemas para gestionar la carga de manera eficiente.

## **3.11. Modo de operación**

Entre el vehículo eléctrico y la fuente de alimentación debe haber un interfaz que permita la correcta interacción entre los elementos, que pueda seleccionar el modo de carga y el tipo de conexión.

En las normas UNE-EN 61857-1 2001[30] , procedentes de la Unión Europea, se muestran las características técnicas y aspectos donde se detallan, dependiendo el modo de carga que se seleccione, datos adicionales característicos, por ejemplo, las corrientes máximas

permitidas por cada modo, también, se explica el tipo de conectores y alimentación, además, se describen los tipos de protección que básicamente constituyen la seguridad que se pueda presentar en cualquier modo de operación de la estación de recarga.

En las tablas 3.1 y 3.2 se muestran las características de los diferentes modos de operación que se mencionan anteriormente en el capítulo 3.9. La primera tabla muestra las características eléctricas de estos modos, mientras que la segunda brinda información acerca del tipo de conector, velocidad y protección de cada uno de ellos.

Tabla 3.1: Características eléctricas de los modos de carga

Modo de carga	Corriente Máxima (A)	Voltaje Máximo	Potencia
Modo 1	16	240	Hasta 11kW
Modo 2	32	240	Hasta 11kW
Modo 3	32/63	240/480	De 3.7 a 7.6kW/De 15 a 45kW
Modo 4	125	850/500	Hasta 100kW/62kW

Tabla 3.2: Características de los modos de carga

Modo de carga	Conector	Velocidad de carga	Protección
Modo 1	Schuko	Lenta	Diferencial, termomagnético
Modo 2	Schuko	Lenta	Diferencial, termomagnético
Modo 3	Mennekes	Normal/Semi-rápida	Incluida en equipo
Modo 4	Combo CSS/CHAdeMO	Rápida	Incluida en equipo

# Capítulo 4

## Celdas Fotovoltaicas

La evolución de la humanidad está conduciendo a una demanda creciente de energía y es necesario tener presentes todas las posibilidades que la naturaleza y la ingeniería nos ofrecen como la posibilidad de generar energía eléctrica a través de la energía solar.

La energía solar fotovoltaica es aquella que consiste en la transformación directa de la radiación del sol en electricidad. Este proceso se realiza con ayuda de celdas solares que son las que generan el efecto fotovoltaico. [1] Básicamente las celdas solares son las encargadas de procesar la energía solar y posteriormente transformarla en energía eléctrica.

Debido a la facilidad, lo innovador y lo ecológico que es hacer uso de las instalaciones que usan paneles fotovoltaicos, en los últimos años, este tipo de tecnología ha sido destinada para numerosas aplicaciones donde se necesite generar electricidad y no exista una red de suministro eléctrico cercana, ya que las instalaciones son de inmensa ayuda para poder suministrar la electricidad necesitada por el usuario, ya que poseen la enorme ventaja de que pueden estar o no conectados a la red de suministro eléctrico.

Un sistema fotovoltaico está compuesto por los siguientes equipos: un generador fotovoltaico conocido también como 'panel solar', las baterías o acumuladores, un inversor, un regulador de carga, componentes que se estudiarán más a detalle en los capítulos siguientes.

Una de las principales características de los sistemas generadores de electricidad por paneles fotovoltaicos, es que a diferencia de otras fuentes de energía renovable estos solo producen electricidad si reciben luz solar suficiente, ya que la cantidad de energía que generan es proporcional a la irradiación solar que incide sobre la superficie de las celdas del panel fotovoltaico.

## 4.1. Energía y Radiación Solar

### Energía Solar

La Energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol, se obtiene en forma de radiación electromagnética.

### Radiación Solar

Se conoce por radiación solar a la energía que es emitida por el Sol y que es propagada en distintas direcciones a través del espacio por ondas electromagnéticas.

"La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra. Su unidad es el  $W/m^2$  (Watts x metro cuadrado)."[2]

Esta radiación solar es la que influye en los procesos climatológicos o atmosféricos,

La radiación y su potencia varían de acuerdo a las condiciones atmosféricas en su entorno, como la latitud, lo cual se conoce con el nombre de irradiancia. La radiación es aprovechable en todos sus componentes, directos y difusos, o bien, la radiación global que es la suma de ambas, a esto es lo que se le conoce como irradiancia solar total, un ejemplo de estos diferentes tipos de radiación se muestran en la figura 4.1.

La radiación directa es la que se encuentra sin reflexiones ni refracciones. En cambio, la difusa es la emitida durante el día debido a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar que existen en la atmósfera. La más importante o más relevante para este trabajo es la radiación directa ya que esta es la aprovechada por el humano, para concentrarla para su utilización, por ejemplo, concentrándola mediante equipos tipo espejos mejor conocidos

como heliostatos que reflejan la luz solar sobre una determinada dirección, como suele suceder en las centrales térmicas solares. La radiación difusa no es posible concentrarla ya que proviene de todas las direcciones.

"La irradiancia directa normal fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de  $1354 \text{ W/m}^2$  (que corresponde a un valor máximo en el perihelio de  $1395 \text{ W/m}^2$  y un valor mínimo en el afelio de  $1308 \text{ W/m}^2$ )."[2]

### **Tipos de Radiación**

La radiación solar se clasifica de acuerdo a como inciden los fotones sobre una superficie en la Tierra y por lo cual se puede clasificar de la siguiente manera:

- Radiación Directa: Atraviesa la atmósfera y llega directamente desde el Sol hacia un punto de la superficie.
- Radiación Difusa: En su camino hacia la tierra se encuentra con alteraciones y desviaciones antes de llegar, es decir, distintos cuerpos se encuentran en su camino, como lo son los gases de la atmósfera.
- Radiación Incidente: La cual tiene las características de que los rayos que logran llegar a la Tierra no son directos, si no que fueron redirigidos por cuerpos en su camino de la radiación y que por ende, absorbieron parte de la energía.
- Radiación de Reflejada: Forma parte de la radiación incidente. La radiación se refleja en el suelo o cualquier otra superficie cercana para después incidir en otra superficie.
- Radiación Global: Es el conjunto de todas las radiaciones que recibe una superficie.

Estos tipos de radiación se muestran en la 4.1.

#### **4.1.1. Irradiancia**

Se puede describir como la magnitud que describe la potencia que incide por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. Sus unidades son  $\text{W/m}^2$ . [31]

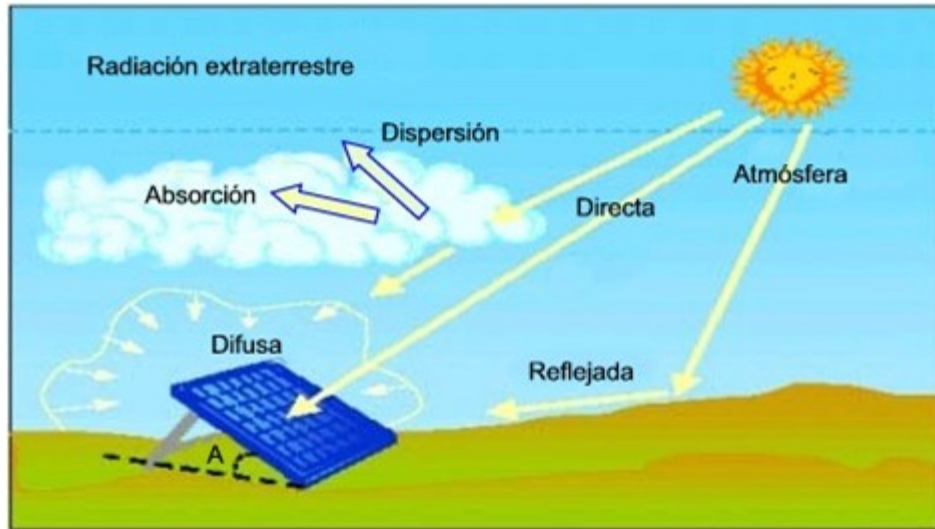


Figura 4.1: Tipos de radiación

## Irradiación Solar

La irradiación solar mide la energía por unidad de superficie de radiación solar incidente en una superficie, es decir, la potencia recibida durante un tiempo.

El valor de la irradiación está dado por una constante llamada 'constante solar' el valor de la irradiancia directa normal que proviene del Sol es de  $1367 \text{ W/m}^2$ .

En la superficie el valor de irradiación, se reduce debido a su paso por la atmósfera, por lo general, en un día donde se presenten buenas condiciones el valor es de aproximadamente  $1000 \text{ W/m}^2$ .

La irradiancia mide la potencia de la irradiación solar en un determinado instante sobre una superficie, y la irradiación lo hace por un tiempo, es decir, la irradiación mide la cantidad de energía que se recibe en la superficie.

### *Tipos de irradiancias solares*

- *Irradiancia solar total*

La irradiación solar total es una medida de la potencia solar en todas las longitudes

de onda por unidad de área incidente en la atmósfera superior de la Tierra.

- *Irradiancia normal directa*

La irradiación normal directa se mide en la superficie en una ubicación perpendicularmente a los rayos del Sol, este tipo de irradiación no tiene radiación solar difusa, matemáticamente hablando, es igual a la irradiancia en el exterior de la atmósfera menos las pérdidas atmosféricas que se producen por la dispersión y la absorción.

Las pérdidas dependen de:

- La hora del día (longitud de la trayectoria de la luz a través de la atmósfera según el ángulo de elevación solar)
- La cantidad de nubes en el cielo.
- La humedad.
- Otros aspectos como: aerosoles, moléculas de ozono, vapor de agua, etc.

Se señala que la irradiancia cambia de acuerdo a la época del año ya que la posición del Sol cambia, y es por ello que generalmente su valor es menor en comparación con las pérdidas de la radiación directa.

## 4.2. Hora Solar Pico (HSP)

La mayoría de los autores concuerda en que la "Hora Solar Pico (HSP) es una unidad que mide la irradiación solar, y se define como la energía por unidad de superficie que se recibiría con una hipotética irradiancia solar constante de  $1000 \text{ W/m}^2$ .

Una hora solar pico equivale por tanto a  $1 \text{ kWh/m}^2$ .

Este concepto de hora solar pico es usado en generación fotovoltaica, ya que los paneles solares o módulos fotovoltaicos no generan la misma cantidad de energía durante todas las horas del día, inclusive aunque se tengan días largos con muchas horas de sol, en la



mayoría de las ocasiones no se genera el máximo de potencia en esas hora del día, debido a que la captación de energía no es constante en todo momento.

Se puede entender el término de 'Hora Solar Pico', como el número de horas que se necesitarían para que un panel solar pueda funcionar a su máxima potencia de diseño para generar toda la energía que realmente genera a lo largo del día. Es por ello que el valor de las HSP siempre será un numero menor de horas, en comparación al valor de horas reales de luz.

La potencia pico de un panel fotovoltaico se define como el valor máximo de la potencia que suministra el panel cuando la irradiancia incidente es de 1000 W/m<sup>2</sup>, a una temperatura ambiente 25°C, bajo estas condiciones.

En la figura 4.2 se ha representado la curva de variación, a lo largo del día, de la irradiancia que incide sobre una superficie. El área comprendida debajo de la curva es la irradiación diaria, es decir, si se traza un rectángulo de igual área y de altura, la base de este rectángulo sería el valor correspondiente a las HSP.

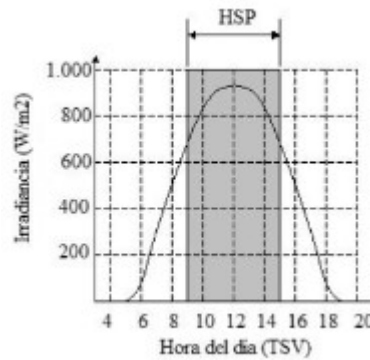


Figura 4.2: Variación de las HSP a lo largo del día. Fuente:Luis Jutglar, Generación de energía fotovoltaica.

En consecuencia, el valor de HSP viene dado por:

- Si G se mide en kWh/(m<sup>2</sup>.dia)  $HSP = G$
- Si G se mide en Wh/(m<sup>2</sup>.dia)  $HSP = G / 1.$
- Si G se mide en MJ/(m<sup>2</sup>.dia)  $HSP = G / 3.6$

Donde:

G es la energía incidente, durante todo el día, sobre una superficie de  $1\text{m}^2$ .

Esta forma de indicar la energía incidente puede ser útil puesto que permite calcular la energía diaria generada por una instalación fotovoltaica con la siguiente fórmula:

$$E_d = S * HSP * \eta \quad (4.1)$$

Donde:

$E_d$  distancia 'd' medida sobre la horizontal

S altura máxima del obstáculo

$\eta$  factor en función de la latitud del lugar

#### 4.2.1. Generación de electricidad a partir de la energía solar

Existen dos métodos principales para generar electricidad a partir de la energía radiada por el Sol, que pueden clasificarse en dos grandes grupos: conversión indirecta pasando a través de la producción de calor y la conversión directa.

Dentro del primer grupo se incluyen sistemas que funcionan como una central térmica convencional en la que el calor aportado es de origen solar.

En resumen, el calor es generado por colectores de alta temperatura, la suficiente para generar vapor recalentado, este vapor mueve a un grupo turbo alternador, pasa por un condensador y regresa al generador de calor, es decir, el calor solar alimenta un ciclo Rankine convencional.

Los sistemas de conversión directa se basan en la utilización de celdas fotovoltaicas, las

cuales son capaces de convertir una parte de la radiación solar incidente en energía eléctrica en corriente continua.

Esta celda solar es el dispositivo en el que se produce la conversión de luz en electricidad, y que en conjunto conforman un panel solar. La transformación se auxilia en parte por las propiedades de los semiconductores y a las estructuras conformadas por las celdas solares, que permiten extraer la energía eléctrica por un circuito externo, debido al comportamiento de los electrones excitados en la celda, antes de que vuelvan a su estado de equilibrio térmico, a esto se le llama efecto fotovoltaico.

### 4.3. Efecto Fotovoltaico

Se puede describir al efecto fotovoltaico como el proceso en el cual existe una transformación que es llevada a cabo por una celda o célula fotovoltaica, la cual es la encargada de convertir la energía proveniente de la luz solar en energía eléctrica.

La luz solar está compuesta por fotones de diferentes energías a diferentes longitudes de onda en el espectro solar, cuando estos fotones inciden sobre la celda fotovoltaica puede ocurrir dos cosas, pueden ser absorbidos o reflejados, siendo donde los primeros los únicos que pueden generar energía eléctrica.

Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón es transferida a un electrón de un átomo de una célula, y como resultado esta nueva energía es capaz de que el electrón pueda cambiar su posición normal asociada con un átomo para formar una corriente en un circuito eléctrico. Es decir, cuando la luz solar es recibida por la celda solar se liberan los electrones que son atrapados por el campo eléctrico y los cuales forman la corriente eléctrica.

Aprovechando el efecto fotovoltaico, dichas celdas actúan de tal forma que la energía luminosa que se recibe produce cargas positivas y negativas en dos semiconductores que

están cercanos uno del otro y son de distinto tipo (tipo 'p' y 'n'), por lo que se produce un campo eléctrico con la capacidad de generar una corriente la energía eléctrica generada que puede ser utilizada de distintas maneras, desde calentar agua en el hogar o hasta producir electricidad.

Para lograr este proceso, dichas células se fabrican partir un material que actúa como aislantes a baja temperatura y como conductor cuando se aumenta la energía, los materiales con las cuales son fabricadas es el silicio, el cual puede ser: monocristalino, policristalino y amorfo.

#### 4.4. Módulos Fotovoltaicos o Paneles Solares

Denominados paneles solares o módulos fotovoltaicos, como se menciona anteriormente, son constituidos por conjuntos de celdas solares cuya principal función es la de proporcionar energía a una instalación a partir de la irradiación solar.

Detalladamente, un panel solar está formado por la interconexión de varias células solares en serio o paralelo, para adaptar el panel a los niveles de tensión y corriente, puesto que cada célula puede suministrar una diferencia de potencial de 0.5 v. Para los paneles solares de uniones de silicio y con conexiones de células en serie, los valores de tensión por número de células rondan las 36 células para 12 v y 72 células para 24v. [12]

#### 4.5. Clasificación de los paneles solares

Las celdas solares o celdas fotovoltaicas, más utilizadas son las formadas por la unión P-N y construidas con silicio cristalino y silicio multicristalino en las que se han realizado una unión P-N y contactos en ambas caras. Ambos materiales utilizan silicio de la más alta pureza como el usado en la industria electrónica, de cuyos excedentes se ha nutrido la Industria fotovoltaica hasta el presente.

Las células que se fabrican mediante la cristalización del silicio, se clasifican en tres tipos

(los más utilizados); el éxito de este materia se debe a la abundancia del material en la corteza terrestre y en el conocimiento previo que se tiene desde 1960 en relación a su uso en la microelectrónica. La clasificación de construcción de los paneles solares se divide en:

- Monocristalino:

Estos presentan una estructura ordenada cristalina con un alto elevado de pureza por lo cual su rendimiento es mayor. Es color azul metálico.

- Policristalino:

Los cuales presentan regiones ordenadas en sus estructuras pero separadas. Su forma de fabricación es similar a la del monocristalino solo que en el proceso no se eliminan impurezas y por ende el rendimiento es menor. Son de colores de distintas tonalidades de azules y grises, también metálicos.

- Amorfos:

Presentan un grado alto de desorden y un gran número de defectos estructurales en su combinación química. Su proceso de fabricación es menos costoso que los anteriores (se deposita en forma de lámina delgada sobre vidrio o plástico). Tienen un color homogéneo.

También existen otro tipo de celdas que son menos utilizadas:

- De película delgada: son desarrolladas con sulfuro de cadmio y sulfuro cuproso. Su proceso de fabricación es sencillo pero su tecnología es todavía poco desarrollada y ofrece un rendimiento más bajo.

- De arseniuro de Galio (Ga As): Mantiene sus propiedades a altas temperaturas pero, por el contrario, presenta un elevado coste de producción debido a que el material utilizado es poco abundante.

En resumen, un panel solar debe estar formado por los siguientes elementos.

- Células fotovoltaicas: Se acoplan mediante soldaduras que unen al cuerpo de la célula con la cara frontal de la adyacente.

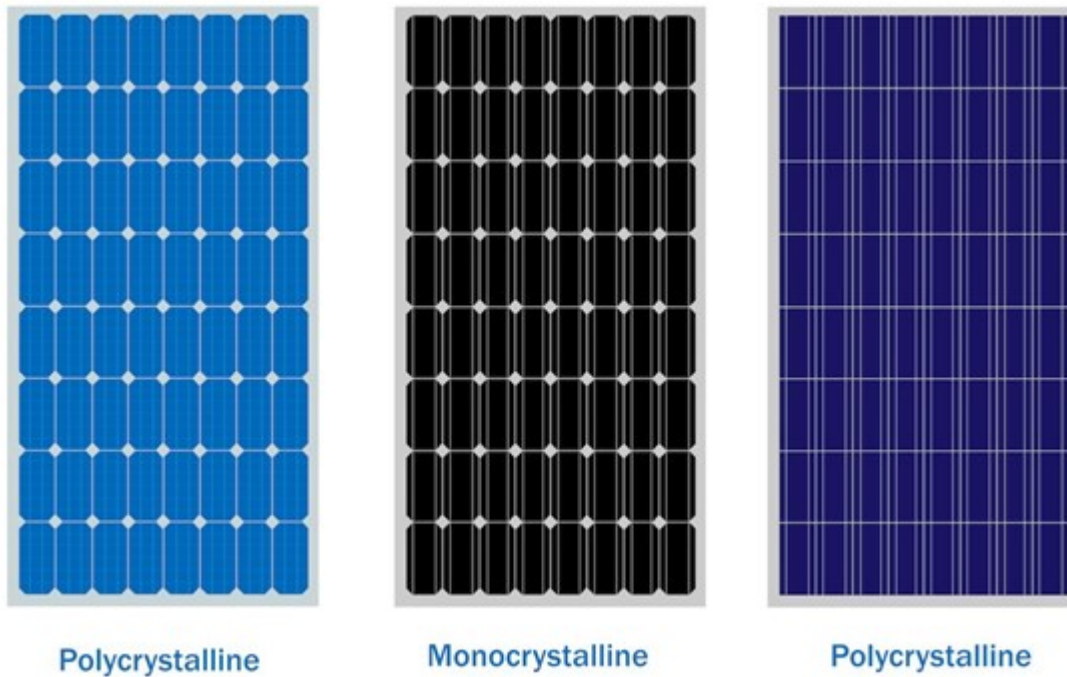


Figura 4.3: En la figura se muestran los principales tipos de paneles, Monocristalinos, Policristalinos y Amorfos

- Encapsulado de las células: Es el sistema protector y que da estabilidad a la célula.
- Recubrimiento posterior: Es la protección y selladura del módulo.
- Cubierta transparente: Que tiene la función de dejar pasar la luz.
- Enmarcado o sistema de fijación: Integración del módulo solar en la estructura.
- Conexiones eléctricas: Cableado de interconexiones del módulo.

## 4.6. Tipos de conexiones

Existen dos tipos de conexiones para estos paneles fotovoltaicos o paneles solares, las cuales son:

### 4.6.1. Conexión Paralelo

Este tipo de conexiones se utiliza para mantener el mismo voltaje de los paneles en los strings, se conecta por un lado a todos los polo positivos de las placas solares y de la misma forma con los polos negativos.

La conexión en paralelo se realiza cuando se conectan todos los positivos de las placas de la instalación y por otro lado, todos los polos negativos, de tal manera, que se mantenga la misma tensión mientras se juntan las intensidades.

Para conocer los valores de tensión, corriente y potencia en una instalación de este tipo de conexión se utilizan las siguientes fórmulas:

Tabla 4.1: Tabla de ecuaciones para obtener parámetros e los paneles conectados en serie.

Parámetro	Ecuación
$V_{TOTAL}$	$V_1 = V_2 = \dots = V_n = [V]$
$I_{TOTAL}$	$I_1 + I_2 + \dots + I_n = [A]$
$P_{TOTAL}$	$P_1 + P_2 + \dots + P_n = [W]$
$P_{TOTAL}$	$V_{TOTAL} * I_{TOTAL} = [W]$

### 4.6.2. Conexión Serie

A diferencia de la conexión en paralelo, esta consiste en conectar todas los paneles solares, unos con otros, conectando el polo positivo de un panel con el polo negativo del siguiente y así sucesivamente, en este caso la corriente es la que mantiene el mismo valor y el voltaje se suma.

Este tipo de conexión es mas usado en paneles con potencias medianas como 250W, están compuestos por arreglos de 60 células y el voltaje de trabajo por lo usual es de 24 y 48v.

Para conocer los valores de tensión, corriente y potencia en una instalación de este tipo de conexión se utilizan las siguientes formulas:

Tabla 4.2: Ecuaciones para obtener los parámetros en paneles conectados en paralelo.

Parámetro	Ecuación
$V_{TOTAL}$	$V_1 + V_2 + \dots + V_n = [V]$
$I_{TOTAL}$	$I_1 = I_2 = \dots = I_n = [A]$
$P_{TOTAL}$	$P_1 + P_2 + \dots + P_n = [W]$
$P_{TOTAL}$	$V_{TOTAL} * I_{TOTAL} = [W]$

## 4.7. Características técnicas

Para la realización de los cálculos se deben tener en cuenta las características eléctricas de los paneles fotovoltaicos, es decir, que se extraen de sus hojas de datos.

Para ello se debe consultar la denominada curva VI, que se muestra en la Figura 4.4 ya que esta representa la relación entre la tensión y la corriente entregada del panel a partir de unos valores de irradiación, o en su defecto, se indicarán ciertos parámetros que servirán para definirla.

Los elementos que lo definen son:

- Intensidad de corto circuito: denominado como  $I_{cc}$ , es la máxima intensidad que se puede obtener en un panel o módulo fotovoltaico. Se calcula midiendo la corriente entre los bornes del panel cuando se provoca un cortocircuito (tensión de salida 0 v).
- Tensión en circuito abierto: denominado como  $V_{oc}$ , es el valor máximo de voltaje que se mediría en un panel o módulo si no hubiese paso de corriente entre las terminales de este (intensidad de 0 A)
- Tensión nominal: denominado como  $V_n$ , es el valor nominal de diseño al que trabaja el panel o módulo fotovoltaico, por ejemplo, 12,24 o 48 volts.



- Potencia máxima: denominada como  $P_m$ , es el valor máximo de potencia que se obtiene entre el producto de la corriente por la tensión de salida del panel o modulo fotovoltaico, se trata del valor máximo que se puede obtener del panel o modulo fotovoltaico. También se denomina potencia de pico de panel, este último término es el más utilizado para los cálculos de una instalación conectada a la red.
- Tensión máxima: Denominada como  $V_m$ , se corresponde con el valor de tensión para la potencia máxima. Se trata aproximadamente del 80 % de la tensión de circuito abierto. En algunos casos se indica como  $V_{mp}$  (Voltaje de potencia máxima).
- Corriente máxima: Denominada como  $I_m$ , se corresponde con el valor de corriente para la potencia máxima. En algunos casos se indica como  $I_{mp}$  (Corriente de potencia máxima).

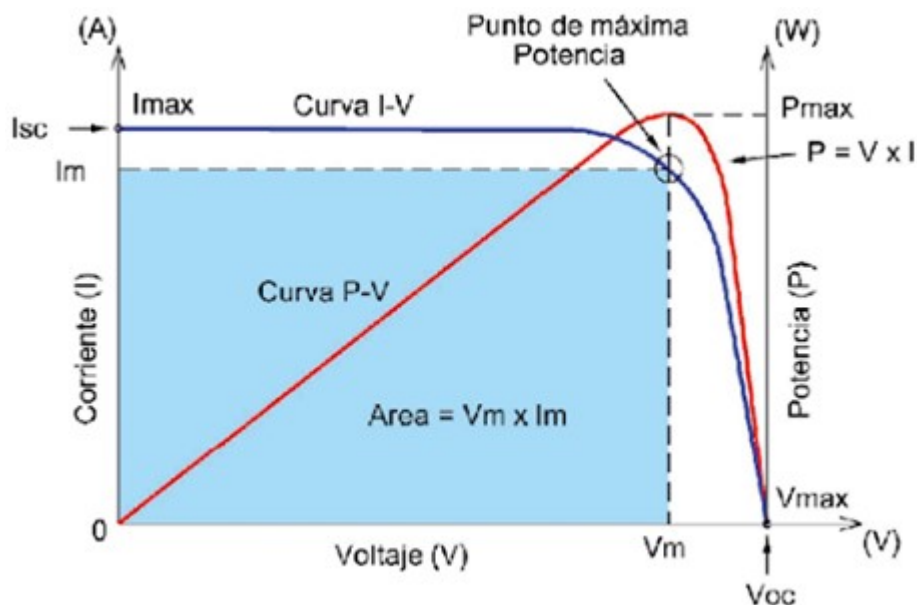


Figura 4.4: Los parámetros mas importantes a considerar se muestran en la gráfica.

El comportamiento del panel puede asimilarse como un circuito equivalente conformado por un un generador, un diodo, y dos resistencias, una en serie y otra en paralelo, como se muestra en la figura 4.5, estas resistencias simulan los defectos del panel o la célula.[5]

A partir de esta idea, se definen unos parámetros que contribuyen a especificar su comportamiento que son los siguientes:

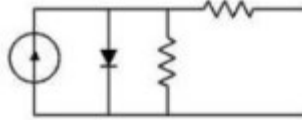


Figura 4.5: Circuito equivalente a un panel solar.

- Resistencia en serie: Este parámetro tiene en cuenta la caída de tensión debida a distintas causas, como, por ejemplo, la resistencia al paso de la corriente a través de las propias capas semiconductoras, resistencia de los colectores metálicos superior e inferior, etc...
- Resistencia en paralelo: Tiene en cuenta las pequeñas fugas de corriente que se producen en el interior del elemento y que no circulan por el exterior.
- Factor de forma o factor de llenado (FF): Es la relación entre la potencia máxima que puede proporcionar la célula o panel y que la podría generar si fuera capaz de suministrar la intensidad de cortocircuito a la tensión de circuito abierto. Para las células de silicio, suele tener un valor entre 0,7 y 0,8.

La fórmula que hace referencia al concepto del FF es la siguiente:

$$FF = \frac{V_{mp} * I_{mp}}{V_{oc} * I_{sc}} \quad (4.2)$$

Un panel se considera ideal cuando las resistencias en los arreglos ya sean en serie o en paralelo fueran igual a cero. El voltaje máximo es el mismo que el de voltaje a circuito abierto, y la corriente es igual a la de cortocircuito. Sin embargo, en la vida real no existe panel perfecto o ideal, por lo que es necesario realizar cálculos para obtener sus parámetros de trabajo.

Así, la potencia máxima de un elemento, célula o panel puede calcularse mediante las ecuaciones siguientes:

$$P_m = V_{mp} * I_{mp} \quad (4.3)$$

o

$$P_m = FF * V_{oc} * I_{sc} \quad (4.4)$$

Para que el rendimiento de un elemento sea elevado interesa que su resistencia serie sea baja y su resistencia y su unidad paralelo sea elevada, o dicho de otra forma, que su factor de forma sea próximo a la unidad.

## 4.8. Clasificación de las instalaciones fotovoltaicas

Se dividen en dos grupos, aunque algunos autores los dividen en tres[5], los cuales son las siguientes:

- **Autónomas:** También llamadas en “isla”. No tienen ningún tipo de conexión con la red pública de suministro eléctrico, y en consecuencia no se ven obligadas a suministrar una corriente de características determinadas. Normalmente son instalaciones de potencia modesta, dedicadas al sector doméstico, señalización terrestre y marítima, telecomunicaciones y en general, puntos de demanda de electricidad situados en zonas no electrificadas.
- **Conectadas:** Están conectadas a la red pública a la cual vierten la energía generada. Son instalaciones de potencia considerable, que pueden clasificarse en dos grandes grupos: edificios solares, en los que los paneles se instalan en la fachada y cubierta de los mismos, y las llamadas granjas solares, que consisten en grandes superficies de terreno cubiertas de paneles fotovoltaicos.
- **Otros tipos:** Aunque no son muy frecuentes, pero pueden existir otros dos tipos: paralelo y asistido. En el primero la demanda eléctrica del consumidor esta alimentada por la red pública y por el equipo fotovoltaico propio, mientras que en el segundo la red pública solo aporta electricidad cuando la generación propia es insuficiente.

Dependiendo del tipo de servicio que presten, dado que suelen tener características específicas, pueden distinguirse de la siguiente manera:

- Individuales y Colectivas
- De señalización y telecomunicaciones.

- Bombeo de agua.
- Aparatos pequeños y dispositivos.
- Instalaciones móviles.

Dependiendo del tipo de seguimiento del Sol, las superficies receptoras pueden agruparse en[5]:

- Fijas sobre una estructura independiente: Los paneles están situados sobre soportes, con una orientación o inclinación fija, situados normalmente en las azoteas de los edificios, paredes, suelo, etc.
- Fijas e integradas en un edificio: Los paneles se integran en los cerramientos del edificio de tal forma que pueden sustituir elementos de construcción tales como tejas o fachadas. También pueden instalarse en construcciones o estructuras tales como sombreado de aparcamientos al aire libre, tejados de gasolineras, techos de fábricas y almacenes, etc...
- Orientables: Los paneles se instalan sobre soportes que se mueven siguiendo la posición del sol a lo largo del día.

Existen tres tipos de seguimiento:

- El panel gira alrededor de un eje paralelo al plano horizontal siguiendo al Sol en su movimiento en altitud.
- El panel gira alrededor de un eje paralelo al eje de la Tierra y que sigue al Sol en su movimiento de Este a Oeste.
- El panel puede girar alrededor de los dos ejes anteriores de manera que su superficie siempre se mantiene perpendicular a los rayos solares.

## 4.9. Componentes de la instalación

Los equipos a utilizar en una instalación están en función de su clasificación y utilización, pero los componentes que hacen funcionar al sistema en general son los mismos.

Para la instalación solar de auto-consumo fotovoltaico, como se explico en el capitulo anterior, que es la que la producción de energía para consumo propio se da a través de módulos fotovoltaicos, donde el sistema está conectado a la red eléctrica, se puede consumir o verter energía de la red.

Pero en cambio, en un sistema autónomo, como se trata de un sistema auto suficiente, aprovecha la irradiación solar para generar su propia energía para consumo, hoy en día son empleadas para realizar distintas actividades como en sistemas de riego, pozos, sistemas de telecomunicación, etc.

Los componentes que conforman a la instalación [15]:

- El generador fotovoltaico (paneles solares) que generan la energía encargada de mantener la carga de la batería.
- La batería que será la encargada de proporcionar energía a la instalación cuando la irradiación solar sea escasa o nula.
- El regulador que verifica el estado de la carga de la batería, adaptando los diferentes ritmos de producción y demanda de energía.
- El inversor, que realiza el suministro a la carga que debe alimentar la instalación.

A continuación se explicara el funcionamiento de estos componentes en la instalación.

### 4.9.1. Baterías o acumuladores

En un sistema eléctrico, la generación y el consumo de energía deben estar equilibrados en todo momento para evitar interrupciones en el suministro eléctrico, sin embargo, la demanda de energía puede variar mucho durante el día, y la generación de energía renovable puede ser intermitente.

En este sentido, las baterías o acumuladores pueden desempeñar un papel crucial al permitir el almacenamiento de energía excedente durante momentos de baja demanda y su posterior uso en momentos de alta demanda para abastecer el consumo requerido, permitiendo el funcionamiento de las cargas cuando el generador fotovoltaico no pueda generar potencia por si solo, debido a causas como el clima, suciedad o problemas en la instalación, lo que contribuye a mejorar la estabilidad y eficiencia del sistema eléctrico y a reducir la necesidad de fuentes de energía contaminantes y costosas.

En la instalación fotovoltaica las baterías son utilizadas de la manera siguiente: debido a que los arreglos de paneles son los encargados de recibir la incidencia de la luz solar y se encargan también de transformarla en energía eléctrica, existen dos opciones para esta energía generada, la primera es que se pueda suministrar a una carga o la segunda, que al no encontrarse en uso, la energía eléctrica sea almacenada en el banco de baterías de la instalación. Estas baterías pueden ser de diferentes tipos, como plomo-ácido, litio o níquel-cadmio, y su elección dependerá de las necesidades específicas de la instalación y del presupuesto disponible. Las baterías están disponibles en una variedad de voltajes nominales, desde 12V hasta 48V o más.

Entre los aspectos mas importantes para la elección de este componente en la instalación a considerar son:

- Capacidad de almacenamiento: La capacidad de las baterías debe ser suficiente para cubrir las necesidades energéticas de la instalación durante el periodo de menor generación solar, generalmente durante la noche. La capacidad se mide en amperios-

hora (Ah) o kilovatios-hora (kWh). La capacidad para el almacenaje de la energía va en función de la velocidad de descarga, es decir, la velocidad con la que se extrae la energía de la batería.

- Ciclos de vida: Las baterías tienen una vida útil limitada que se mide en ciclos de carga y descarga. Es importante elegir baterías que tengan una vida útil suficiente para la duración prevista de la instalación.
- Eficiencia: Las baterías tienen una eficiencia limitada en la conversión de la energía eléctrica. Es importante elegir baterías que tengan una eficiencia alta para maximizar la capacidad de almacenamiento y minimizar las pérdidas de energía.
- Temperatura de funcionamiento: Las baterías tienen una temperatura óptima de funcionamiento, y su capacidad y vida útil pueden verse afectadas por temperaturas extremas. Es importante elegir baterías que sean adecuadas para las condiciones climáticas del lugar.
- Mantenimiento: Las diferentes tecnologías de baterías tienen diferentes requisitos de mantenimiento. Es importante elegir baterías que sean fáciles de mantener y cuyo mantenimiento sea compatible con los recursos disponibles.
- Voltaje nominal: tensión de la batería en condiciones normales de funcionamiento, es decir, cuando la batería está completamente cargada. Es importante tener en cuenta el voltaje nominal de la batería ya que afectará la compatibilidad con otros componentes del sistema, como el regulador de carga y el inversor de corriente. Si el voltaje nominal de la batería no coincide con el del regulador de carga y el inversor de corriente, puede haber problemas en el sistema, como la sobrecarga. El voltaje nominal se selecciona en función de la capacidad total de almacenamiento de energía requerida y de los requisitos de los otros componentes del sistema.
- Profundidad de descarga: El porcentaje de la capacidad total de la batería que se puede usar antes de requerir recarga. Cuanto mayor es la profundidad de descarga, mayor es el desgaste de la batería, lo que significa que su capacidad para almacenar

energía disminuye con el tiempo. Por lo tanto, elegir una profundidad de descarga adecuada es muy importante para prolongar la vida útil de la batería.

- **Días de autonomía:** Se refiere al número de días en que la instalación puede funcionar sin recibir energía solar, generalmente debido a condiciones climáticas extremas o fallas en el sistema. Con ello, se puede asegurar que la instalación tendrá suficiente capacidad de almacenamiento de energía para cubrir las necesidades energéticas.

El análisis de la elección de este componente de la instalación es importante, ya que se debe considerar cada uno de estos factores al elegir las baterías para el correcto dimensionamiento de la instalación autónoma de paneles fotovoltaicos, para asegurar que se tenga un sistema de almacenamiento de energía óptimo y eficiente.

#### 4.9.2. Regulador de la carga

El regulador de carga solar analiza y verifica el flujo de energía de la instalación, con el fin de supervisar la carga y descarga que se produce al almacenar la energía en las baterías o acumuladores, el equipo puede analizar el estado de las baterías con el fin de para proteger su vida útil.

Su ubicación física se encuentra entre los módulos y baterías que se encargan de controlar el flujo de energía que circula en la instalación. El flujo depende del estado de carga de las baterías y la potencia generada por el campo de paneles solares instalados.

Existen tres estados de carga posibles:

- **Fase BULK** En la cual la batería descargada aprovecha la intensidad producida por los módulos que va hacia los acumuladores, incrementando el voltaje en la batería a medida que se completa la carga.
- **Fase de absorción:** Cuando el voltaje de la batería llega al voltaje de absorción lo mantiene ligeramente abajo y reduce la intensidad hasta que la batería finalice la carga.



- Fase de flotación: El voltaje se reduce al de flotación y la corriente que se vierte disminuye hasta el llenado de la batería. La energía que se genera en exceso, es decir, la que ya no es posible inyectar se pierde por el efecto Joule en el regulador, por lo que, el regulador solo sirve como protección para las baterías de alguna posible sobrecarga, administrando la intensidad según le sea mas conveniente al vehículo.

Por lo general, los reguladores de carga se programan para indicar el tipo de baterías, su capacidad y los voltajes a los cuales funcionan.

Existen otras funciones secundarias que realiza el regulador:

- Se asegura que la batería pueda descargarse durante la noche.
- Con la interfaz que lo integra, proporciona información del estado del sistema: voltaje de las baterías, corriente generada, históricos, estado de carga.

También se le atribuye al regulador de carga la protección de descargas profundas, sin embargo, solo es efectivo cuando se encuentra conectado a un consumo de C.C.

Existen algunos reguladores que maneja el control de las cargas mediante ciclos de encendido y apagado de las cargas en CC comunicadas al regulador de carga, su utilización es mayormente usada en el sector de la iluminación, donde se requiere iluminar cuando la luz del Sol ya no está disponible. La energía nocturna se extrae de la energía inyectada durante el día en la batería.

### 4.9.3. Inversor

Una de las decisiones clave a la hora de realizar una instalación fotovoltaica, es el tipo de inversor que se utilizará.

Un inversor es un elemento cuya función es transformar la energía generada por los paneles cuya tensión es de corriente continua a una tensión de corriente alterna, para que

posteriormente pueda ser usada por el usuario, también tiene la función de poder verter energía a la red o almacenarla en las baterías, dependiendo lo que se requiera usar en la instalación.

El dimensionamiento de este componente, también se analizará a detalle en el capítulo posterior, por lo cual solo se realiza una breve descripción de su funcionamiento y operación.

Para las instalaciones de auto consumo en domicilios, se usan por lo diferentes tipos de inversores solares, que son los inversores en cadena o tipo String, los micro-inversores y los optimizadores de potencia. A estos dos últimos en el ámbito de la industria solar también se les conoce como: dispositivos electrónicos de potencia a nivel de módulo o MLPEs por sus siglas en inglés (Module Level Power Electronics).

Los más utilizados son los inversores string a nivel residencial en todo el mundo, sin embargo, los micro inversores empiezan a tomar fuerza ya que se han reducido los costos en los últimos años.

Su funcionamiento se puede explicar de la siguiente manera:

Cuando las placas fotovoltaicas reciben la luz del sol, los electrones comienzan a moverse lo que produce energía, los circuitos dentro de los módulos fotovoltaicos recogen esa energía para que se pueda consumir por el usuario.

Es en este punto donde juega un papel fundamental, la mayoría de las viviendas usan corriente alterna, cuando en los paneles incide la luz y la convierte en energía la cual es enviada al inversor, este recibe la electricidad de corriente continua y la convierte en corriente alterna.

Dentro de las funciones del inversor fotovoltaico se encuentran las siguientes[16]:

- Transforma la corriente continua en corriente alterna para su utilización.

- Optimización de energía: Trata de aprovechar todo el rendimiento posible en los paneles solares..
- Seguimiento y protección: Brinda información en caso de alguna falla o defecto..
- Operación constante: Puede estar a la intemperie.

#### 4.9.4. Punto de carga

El punto de carga de una electrolinera o estación de carga es considerado el dispositivo que suministra la energía eléctrica al vehículo eléctrico durante la recarga. Este punto es conectado a través de un cable de carga que es el cable que conecta al punto de carga con el vehículo eléctrico, cuenta con un conector en cada extremo. Hay diversos modelos y sus costos son muy variados, la elección de este componente depende del vehículo eléctrico y del tipo de instalación destinado.

#### 4.9.5. Equipo de conexión o cableado

El dimensionamiento de las secciones de los cables debe realizarse con precaución, ya que según la NOM-001-SEDE-2018, este puede influir en la instalación, ya que la caída de tensión permitida desde los generadores hasta el punto de conexión con la red de distribución no debe ser superior al 1,5%, y un buen conductor permite al usuario no superar este porcentaje permitido.

Para ello, se divide a la instalación por secciones, buscando satisfacer de la manera más eficiente posible las conexiones entre componentes.

- Tramo Placas Solares - Caja de protección de CC: Esta parte de la instalación trabaja con corriente continua. Para determinar la sección del cableado, se tiene en cuenta la corriente máxima producida por los módulos fotovoltaicos, la caída de tensión máxima permitida y la longitud de cada tramo.
- Tramo Caja de protección de CC – inversores: Mismo cable que la conexión anterior.

- Tramo Inversores - Cuadro de protección de CA: La sección de este cable se dimensionará teniendo en cuenta la distancia hasta el centro de transformación. Las salidas de los inversores se llevarán a una caja en la que se conectarán en paralelo. Esta línea resultante es la que conectará con la alimentación de los puntos de recarga y con el contador eléctrico.
- Tramo Cuadro de protección de alterna – Contador: Este será el siguiente tramo para unir, ya que el contador se dispondrá lo más cerca posible del cuadro de protección.
- Tramo Contador – Cuadro General de Protección del CT: El último tramo para conseguir la conexión a red es unir la salida del contador de energía con la CGP del centro de transformación, para verter la energía a la red.

## 4.10. Tipos de mantenimiento

Toda instalación requiere un plan de mantenimiento, con el fin de conservar la instalación en buenas condiciones, es decir y supervisar su rendimiento para detectar cualquier irregularidad en la eficiencia, su seguridad y extender la vida útil de los componentes, por lo regular el mantenimiento puede clasificarse en 2 tipos:

- **Mantenimiento Preventivo:** Su finalidad es verificar que el sistema funciona correctamente y detectar deficiencias para prever averías o mal funcionamiento que pueda afectar a las prestaciones, seguridad y vida útil de la instalación, es decir, detectar posibles problemas antes de que ocurran y se conviertan en fallos mayores. Incluye la limpieza regular de los paneles, comprobación del estado de las conexiones y cableado, revisión del banco de baterías y supervisión del punto de carga. El mantenimiento preventivo debe realizarse en un horario regular, como mensual, bimestral o semestral, dependiendo del tamaño de la instalación y del clima de la zona.
- **Mantenimiento Correctivo:** abarca la realización de todas las operaciones necesarias para mantener el sistema en perfecto funcionamiento como lo son la sustitución de componentes, recambios y reparaciones después de que se ha detectado alguna falla en la instalación, incluye la reparación o sustitución de componentes dañados, como paneles o baterías, como se menciona anteriormente, se realiza en respuesta a una falla, por lo que no se realiza en un horario regular.

El mantenimiento en cualquier instalación eléctrica debe seguir una serie de pasos importantes, donde se cuente con un plan de mantenimiento que especifique las tareas a realizar, su frecuencia y el personal responsable de realizarlo. También es importante contar con las herramientas y equipo de protección personal necesario para realizar el mantenimiento de una manera eficiente y segura.

## 4.11. Puesta a tierra de la instalación

Establecer un buen sistema de puesta a tierra es primordial por la seguridad personal. Por lo tanto, el sistema de tierra brinda beneficios al evitar pérdidas de vidas, daños

materiales e interferencias con otras instalaciones.

Los diferentes factores que se deben tomar en cuenta para el diseño del sistema de puesta a tierra son los siguientes:

- Estudio de la resistividad del terreno
- Área de la instalación
- Características del lugar de instalación

Las conexiones del sistema de puesta a tierra que se utilizan dependen del espacio disponible y las características eléctricas del suelo.

En resumen, los sistemas de puesta a tierra se conforman por los siguientes elementos:

- Electrodo de puesta a tierra
- Conductores desnudos para unir los electrodos
- Conexiones unidas por soldadura

Las instalaciones con tensiones nominales por encima de los 48v deben contar con un sistema de puesta a tierra.

El sistema de puesta a tierra asegura la protección tanto de los dispositivos y las personas, protege de sobre tensiones, corto circuitos y sobrecargas.

La puesta a tierra permite y se instala para lograr los siguientes propósitos:

- Estabilizar las tensiones de línea con respecto a tierra.
- Asegurar la rápida actuación de las protecciones basadas en la detección de corrientes de fallos que circulan por la misma.
- Reducir la potencia en las subestaciones y demás instalaciones durante una falla y sus máximas condiciones.

- Limitar la tensión para salvaguardar la vida del personal en el área del choque. Se debe asegurar que las estructuras que no llevan corriente, tales como armazones de equipos, estructuras metálicas, etc., estén siempre al potencial de tierra, aún en el caso de falla del aislamiento.
- Evitar incendios mediante el establecimiento de un camino efectivo y seguro para la circulación de corrientes de falla, rayos, descargas electrostáticas, etc. eliminando así la posibilidad de la formación de arcos o el desarrollo de temperaturas elevadas en proximidades de materiales combustibles o inflamables.
- Establecer el potencial de referencia que requieren para su eficiente operación los equipos y sistemas electrónicos que integran un mismo sistema, si estos están conectados entre sí a tierra simultáneamente.

Existen dos parámetros importantes a la hora de diseñar y mantener las redes de puesta a tierra: la resistividad del suelo y la resistencia de la red de electrodos de tierra.

Las características del suelo o terreno donde sera puesta en servicio la estación deben ser examinadas por el instrumento apropiado que pueda medir la resistividad el suelo a distintas profundidades.

Existen distintos tipos de electrodos de tierra (por ejemplo: varillas, mallas y placas) que tienen diferentes resistencias de propagación. Según la naturaleza del terreno, se seleccionará el tipo de electrodo más adecuado.

La resistividad del suelo y su valor es muy útil, ya que con ella se pueden obtener otros parámetros como las tensiones de paso y contacto, calculo del acoplamiento inductivo entre circuitos de potencia eléctrica y telecomunicaciones y al diseño de los sistemas de protección por cátodo.

El sistema tierra debe tener una resistencia total lo más pequeña posible respecto a la tierra de referencia.

La resistencia a tierra de una red de electrodos depende, fundamentalmente, de tres factores:

- La resistencia de los propios electrodos.
- La resistencia de contacto de los electrodos con el terreno.
- La resistividad del terreno.

La resistividad del terreno es la que tiene el valor más alto de los tres.

En suelos donde existen altos valores de humedad y sales, y que por lo regular están expuestos a temperaturas altas hacen que con el paso del tiempo los electrodos de puesta a tierra se degraden. Se recomienda realizar mediciones cada mes, es importante realizar con una muestra propia del suelo para que en las mediciones los valores no se vean afectados. A partir de este punto la resistividad sera conocida simplemente como resistividad del terreno.

Para efectos del cálculo y diseño de un sistema de protección contra descargas atmosféricas, es necesario tomar en cuenta las normativas aplicables en nuestro país y aquellas extranjeras necesarias de referencia, tales como:

Para este trabajo se tomaron como referencia las normativas mexicanas que rigen el uso de las instalaciones eléctricas, uso de paneles solares. Por otro lado la normativa extranjera, estadounidense y europea, también se tomó como referencia para algunos otros detalles como las protecciones, ya que no existe ninguna homologación de normas por parte de algún organismo nacional.

#### **4.11.1. Determinación del riesgo e índice de impacto**

La norma NMX-J-549-ANCE, relativa a sistemas de protección contra tormentas eléctricas en su art. 4.2 define el procedimiento para el cálculo del índice de riesgo de impacto y la selección del nivel de protección.



La decisión de dotar a la estructura con un sistema de protección contra rayos, se debe a la importancia de aportar seguridad a los usuarios, proteger las estructuras, los equipos, que en este caso son los paneles. Los cálculos correspondientes se presentan a continuación de acuerdo a la normativa, tomando como referencia las dimensiones de la estructura a proteger y en la frecuencia esperada de impactos sobre la zona, de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$R_e = R_t * A_e * 10^{-6} \quad (4.5)$$

Donde:

$R_e$  Frecuencia anual de rayos directos a una estructura anualmente

$R_t$  Densidad promedio de rayos a tierra por km<sup>2</sup> por año

$A_e$  Área de la estructura (área equivalente de captura), en m<sup>2</sup>

En una estructura, la frecuencia anual de rayos directos es el riesgo tolerable de acuerdo al tipo de estructura y uso. Este dato se obtiene de la Tabla 1 de la NMX-J-549-ANCE-2015, la cual indica que para edificios como escuelas la frecuencia media anual es de 0.02, esto se evalúa en función de su ubicación, altura, densidad y área para decidir la protección.

#### 4.11.2. Electrodo de puesta a tierra

Los electrodos son de los componentes más importantes de la puesta a tierra, ya que como se menciona anteriormente, son la vía de escape de las corrientes de fuga a tierra, con la finalidad de que cuando ocurra un corto circuito que provoque una corriente de falla lo suficientemente grande tal que necesite tener una sección grande, que sea capaz de llevar esta corriente de forma segura a tierra, sin poner en riesgo la seguridad de los usuarios o la instalación. Deben considerarse cuidadosamente, ya que se debe hacer la elección del electrodo que tenga las suficientes propiedades mecánicas y adecuadas para las necesidades de la instalación.

Los electrodos de puesta a tierra pueden ser de cualquier forma y tipo, pero deben de cumplir con lo siguiente:

- Debe ser metálico
- Tener una baja resistencia de puesta a tierra (no mayor que 10 ohms).
- Los materiales deben ser de: cobre, acero, acero inoxidable. De acuerdo con la tabla 13 de la NMX-J-549-ANCE-2015.
- Sus componentes no deben ser dañinos al medio ambiente.
- Si el SPT está conformado por varias 'hojas metálicas' deben ser unidas por la soldadura.

Los más utilizados son de tipo vertical (varillas, tubos, conductores planos), Horizontales (tubos, cables o conductores planos colocados en forma radial o en forma de anillo), formados por cimientos de estructuras, placas y mallas.

Para la elección del conductor y el tipo de calibre a usar en la puesta a tierra, debe tener un tamaño nominal sobre la basa de la corriente nominal del dispositivo de protección contra sobre corriente que proteja los conductores del circuito en la canalización o cable [8] según la Tabla 250-95, de la NOM-001-SEDE-2018[8], algunos de los datos se muestran en la tabla 4.3. Se deben de elegir estos conductores sin exceder de los valores mostrados.

### 4.11.3. Conductores

Son los encargados de la comunicación del sistema exterior con la barra. El color de identificación del cable de puesta tierra esta normalizado de acuerdo a cada región.

Según la norma NOM-001-SEDE-2018 [8] un conductor del electrodo de puesta a tierra o su envolvente debe sujetarse firmemente a la superficie sobre la que va instalado.

Tabla 4.3: Conductores, tamaño en mm<sup>2</sup> (AWG o kcmil) Fuente:Tabla 250-05 de NOM-001-SEDE-2018.

(A)	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2.08 (14)	-
20	3.31 (12)	-
30	5.26 (10)	-
40	5.26 (10)	-
60	5.26 (10)	-
100	8.37 (8)	13.3 (6)
200	13.3 (6)	21.2 (4)
300	21.2 (4)	33.6 (2)
400	33.6 (2)	42.4 (1)

Un conductor de cobre o aluminio de 21,2 mm<sup>2</sup> (4 AWG) o superior debe protegerse si está expuesto a daño físico severo. Se puede también utilizar un conductor de puesta a tierra de 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) que no esté expuesto a daño físico, a lo largo de la superficie del edificio sin tubería o protección metálica, cuando esté sujeto firmemente al edificio; si no, debe ir en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semi-pesado, ligero, en tubo (conduit) no metálico tipo pesado o un cable armado. Los conductores de puesta a tierra de tamaño nominal inferior a 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) deben alojarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semi-pesado, ligero, en tubo (conduit) no metálico tipo pesado o en cable armado. [8]

Por normativa no es permitido utilizar como conectores de puesta a tierra conductores desnudos o aislados de aluminio, que estén en contacto con materiales de albañilería o en un terreno abierto donde pueden someterse a condiciones no favorables como corrosivas. Cuando sean instalados a la intemperie los conductores de puesta a tierra no deben situarse a menos de 45 cm del terreno natural.

# Capítulo 5

## Diseño de la estación de carga

### 5.1. Especificaciones generales y específicas

A continuación, se muestran los pasos a seguir para el cálculo de la potencia generada para la instalación propuesta, donde se tendrá en el terreno en donde se localizará la instalación, el cual se muestra en la figura 5.1, para nuestro caso, se ubicará en Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo IV, donde se ubicará a un costado de la nave de laboratorios de IME, el terreno donde se ubicarán la instalación fotovoltaica, se muestran en las figuras 5.11 a 5.7.



Figura 5.1: Croquis de las instalaciones de la Fes Cuautitlán.

Los datos de localización y de elevación del terreno son los siguientes:

- Localización de la FESC Campo IV: (19°41'346" N; 99°11'22.8" W)
- Elevación: 2262 m.s.n.m



Figura 5.2: Lateral izquierda



Figura 5.3: Lateral derecha



Figura 5.4: Parte trasera



Figura 5.5: Parte frontal

Para el dimensionamiento de la estación se tomarán en cuenta las HSP para conocer el número de horas en las cuales se estaría recibiendo la máxima cantidad de energía dependiendo del día, ya que no es lo mismo un día en verano que en invierno. De acuerdo con la base de datos de la NASA llamada 'Prediction of Worldwide of Energy Resources'



Figura 5.6: Estacionamiento LIME 3



Figura 5.7: Estacionamiento LIME 4

[38] las horas solar pico (HSP) en el Estado de México, estado en el cual se colocará la instalación, están dadas de acuerdo con la siguiente tabla 5.1, en la cual se muestra el promedio de HSP por mes en la ciudad.

Tabla 5.1: HSP obtenidas en promedio por mes en Ciudad de México y Estado de México. Fuente: POWER (NASA)

Mes del Año	Hora Solar Pico (HSP)
Enero	4.78
Febrero	5.73
Marzo	6.55
Abril	6.50
Mayo	6.24
Junio	5.60
Julio	5.51
Agosto	5.42
Septiembre	4.95
Octubre	4.92
Noviembre	4.81
Diciembre	4.52
TOTAL	5.46

A partir de estos valores y conociendo la potencia máxima de los paneles a instalar, se puede realizar el cálculo de la potencia pico que generarán nuestros paneles por día y por mes.

Así mismo, se presenta en las imágenes 5.8 y 5.9 un mapa que presenta la irradiación solar total y la irradiación normal directa presentada durante el periodo del año 1999 - 2018, que también se toma como referencia para realizar el diseño de la estación.

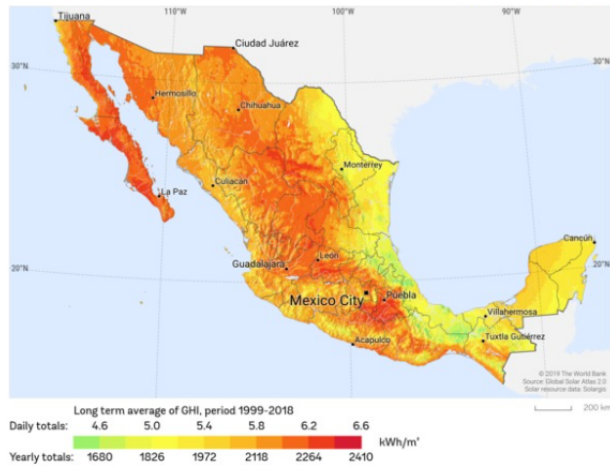


Figura 5.8: Mapa de irradiación solar total, Fuente: Solargis



Figura 5.9: Mapa de irradiación normal directa, Fuente: Solargis

Los siguientes datos mostrados en la tabla 5.2 hacen referencia a valores promedios que se pueden presentar por mes, calculando la potencia diaria a partir de las hora solar pico presentadas por día y haciendo el cálculo por mes considerando la cantidad de días que tiene cada mes, los resultados se muestran en Wh/día y en Wh/mes respectivamente.

Todos los datos mostrados en la tabla 5.1 y en la tabla 5.2 sirven para considerar las especificaciones técnicas de los paneles a utilizar, buscando al dimensionar la estación un modelo comercial que cubra con todas las necesidades y requisitos que la instalación demande.

Como primer paso, se debe de elegir entre las clases de paneles vistas en el capítulo 4.6, dándole mayor preferencia a los paneles mono-cristalinos, por presentar una mayor ventaja sobre los policristalinos y amorfos, en la relación costo-beneficio y el alto rendimiento de estos es más elevado, también se considera la zona geográfica donde se pondrá la instalación, en este caso, será el municipio de Cuautitlán Izcalli el elegido para ubicar la instalación, esta locación tiene una gran ventaja ya que la temporada de lluvia y la temporada seca es

Tabla 5.2: Valores de HSP y Potencia obtenidas en el año. Fuente(s): POWER (NASA), Propia.

MES	DÍAS	HSP	P DIARIA x PANEL (Wh/día)	P MENSUAL (Wh/mes)
Enero	31	4.78	2629	81,499
Febrero	28	5.73	3151.5	88,242
Marzo	31	6.55	3602.5	111,677.5
Abril	30	6.50	3575	107,250
Mayo	31	6.24	3432	106,392
Junio	30	5.60	3080	94,200
Julio	31	5.51	3030.5	93,945.5
Agosto	31	5.42	2981	92,411
Septiembre	30	4.95	2722.5	81,675
Octubre	31	4.92	2706	83,886
Noviembre	30	4.81	2645.5	79,365
Diciembre	31	4.49	2469.5	76,554.5
TOTAL	365	5.46	total	997,097.5

parcialmente nublada y el resto un clima templado bastante agradable sin nubosidad, de acuerdo con datos del Servicio Meteorológico Nacional, el clima varía entre temperaturas de 5°C y 26°C.

Otro factor a considerar son la cantidad de células, optando por los paneles que cuentan con 132 células, ya que para las consideraciones de este proyecto de diseño el tamaño de la estación no se considera un problema.

Debe señalarse que debe instalarse una superficie que cuente con captadores que sean suficientes para abastecer la demanda del consumo, teniendo en cuenta las pérdidas del sistema, desde los paneles hasta la red de distribución interior, y la necesidad de almacenar energía para consumirla durante los días de ausencia o baja irradiación solar y los días de autonomía, aspectos que se verán a lo largo de este capítulo.

En el mercado de comercialización de paneles en territorio mexicano es diverso ya que cuenta con grandes y reconocidas marcas entre las cuales se encuentran: Canadian Solar



[39], EXEL Solar [40], SunGrow [41], ET Solar[42], ZNShine Solar [43], Solarever[44], entre muchos otros más.

Después de una búsqueda exhaustiva a través de diferentes catálogos de las distintas marcas, se optó por la marca LEAPTON, siendo el Panel Solar Monocristalino de la marca LEAPTON SOLAR, el modelo 'LP210\*210-M-66-MH' el elegido, ya que brinda una potencia máxima de 665 W. La información técnica de este panel se adjunta en los Anexos de este trabajo.

El panel se muestra a continuación en la imagen 5.10, siendo los aspectos técnicos más importantes a considerar los valores de voltaje, corriente, potencia y rendimiento, datos que se muestran en la tabla 5.3.

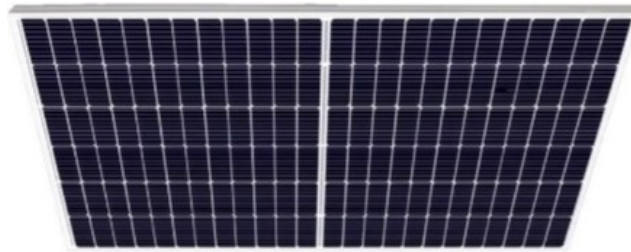


Figura 5.10: Panel Solar Monocristalino de la Marca:LEAPTON SOLAR, Modelo: 'LP210\*210-M-66-MH' de 665 W.

Tabla 5.3: Principales características del panel elegido para la instalación

<i>Características Técnicas</i>	<i>Valor</i>
Potencia Máxima en STC ( $P_{mp}$ )	665 W
Voltaje de circuito abierto ( $V_{ca}$ )	46.38 v
Corriente de Corto Circuito ( $I_{cc}$ )	18.31 A
Voltaje de potencia máxima ( $V_{mp}$ )	38.21 v
Potencia máxima de corriente ( $I_{mp}$ )	17.40 A
Eficiencia de módulo en STC	21.41 %

La potencia de 665 W representa la potencia eléctrica que proporciona el panel cuando la irradiación sobre él a una temperatura ambiente aproximada de 25°C, es de 1000 W/m<sup>2</sup>.

Teniendo en cuenta que la instalación se dimensiona para que alimente al punto de carga con un voltaje de c.a. de entre 220 y 400 v, se ha definido la tensión de 400 v para poder lograr la potencia requerida durante la recarga (véase 5.19).

Ahora bien, tomando en cuenta esos factores, como también las limitaciones del espacio, se toma la decisión de donde se colocarán los paneles, siendo la nave 1 y 2 de los laboratorios de Ingeniería Mecánica Eléctrica conocido como “LIME I y II” el seleccionado para poder colocar nuestros paneles fotovoltaicos generadores de electricidad, el lugar de instalación se muestra en el croquis de la facultad, en la imagen 4.3.

## 5.2. Dimensionamiento del panel solar

Para calcular la energía producida por un panel se tomarán dos parámetros; la potencia pico del panel y las horas solar pico promedio en el mes de mayor y menor producción, respectivamente:

- $MES_{max} : E_{pp} = P_{pp} * HSP = (665W)(6.55) = 4,355.75 \text{ Wh}$
- $MES_{menor} : E_{pp} = P_{pp} * HSP = (665W)(4.81) = 3,198.65 \text{ Wh}$

Para calcular la potencia necesaria, así como el número de paneles, se tomará como referencia el valor con las peores condiciones de producción tomando en cuenta factores que se puedan producir aleatoriamente y que puedan afectar a la generación de energía por parte de los paneles, es decir se tomará el valor de 4.81 HSP del mes de noviembre para los cálculos de este punto en adelante, ya que se toma como referencia los meses en la Facultad donde existe mayor flujo de personas ingresando y saliendo del lugar y se descartan los meses en los cuales se encuentra cerrada por vacaciones.

También se considera la carga, considerando un horario de 8am a 8pm para el funcionamiento de la estación, al igual que las horas donde existe un mayor flujo de gente dentro del campus, tomando en consideración que para lograr una recarga de 20 kW, el tiempo

de recarga de cada vehículo será de un máximo de 2 horas, por lo cual se podrán recargar un número de hasta 6 vehículos por día. Por lo cual el consumo diario esta dado por la

Tabla 5.4: Horario de carga de VE

Horario	Autos
8-10	Auto 1
10-12	Auto 2
12-14	Auto 3
14-16	Auto 4
16-18	Auto 5
18-20	Auto 6

siguiente ecuación:

$$\text{Consumo Diario} = \text{Potencia (kW)} * (\text{horas de uso}(h)) = [\text{kWh}] \quad (5.1)$$

Es decir:

$$\text{Consumo Diario} = 10 \text{ kW} * 12 \text{ h} = 120 \text{ kWh} \quad (5.2)$$

Una vez obteniendo los datos de la carga que tendrá que alimentar la estación, se obtiene la cantidad de paneles que generarán la energía necesaria:

La cantidad de paneles solares requeridos para el diseño de la estación de recarga esta dada por la ecuación siguiente, donde 'n' se considera el promedio del rendimiento de los conductores, baterías e inversor:

$$\#paneles = \frac{\text{Potencia(KWh)}}{(\text{HSP} * n * P_{maxPV})} \quad (5.3)$$

Para este punto del dimensionamiento, se considera el consumo requerido por vehículo eléctrico y lo que necesita para poder hacer una recarga rápida que sea equivalente a recorrer una distancia de recorrido mínimo 50 km de autonomía, con una finalidad de que los cálculos para el diseño no brinden una cantidad bastante grande de paneles a utilizar, ni tampoco una cantidad considerable de acumuladores o baterías, lo que generaría un

costo adicional o excesivo para la finalidad de la estación.

En las especificaciones técnicas de distintos automóviles arrojan una media de 20 kW por cada 100 km utilizados de la mayoría de los autos disponibles en el mercado.

Sustituyendo por los valores correspondientes:

$$\# \text{ paneles} = \frac{120 \text{ KWh}}{(4.81 * 0.93 * 665 \text{ W})} = 40.33 \quad (5.4)$$

$$\# \text{ paneles} = 40.33 \cong 40 \text{ paneles} \quad (5.5)$$

El cálculo proporciona un número de paneles de 40.33 pero debido a que no se puede dividir un panel en partes, se considera para instalar 40 paneles. Los cuales generarán una potencia pico de 26,600 Wp.

Puede ser de dos tipos de arreglos, en serie o en paralelo.

La tensión de trabajo de las baterías será de 48 v, con este dato se procederá a calcular el número de arreglos o también llamados 'strings', a utilizar para cada configuración de paneles y con ello poder generar una cantidad idéntica de potencia, definiendo los parámetros de la corriente y el voltaje del sistema fotovoltaico.

Otro dato de los datos técnicos que proporciona el fabricante del panel y que se utilizará para los arreglos, es el voltaje de máxima potencia ( $V_{mp}$ ), el cual para este modelo de paneles se considera un valor de 38.21 v, por lo tanto, los arreglos quedan definidos por las siguientes ecuaciones:

$$\text{Paneles Serie} = \frac{V_{CD}}{V_{mp}} = \frac{48v}{38.21v} = 1.25 \simeq 1 \text{ strings en serie} \quad (5.6)$$

$$\text{Paneles Paralelo} = \frac{\# \text{ paneles}}{\text{Paneles Serie}} = \frac{40}{1} = 40 \text{ strings en paralelo} \quad (5.7)$$

Para este caso el dimensionamiento marca una cantidad de 1 string en serie conformado

por 40 paneles en paralelo para poder generar la energía requerida para alimentar a las baterías de cada vehículo eléctrico, también se debe de tomar en cuenta el numero de 'arreglos' que permite recibir el regulador de carga, el cual se verá más adelante, que en este caso fue de 4, y la potencia permitida por cada arreglo es de 7200 Wp y el voltaje de operación va de un rango de 80 a 450 V, también de acuerdo a la hoja de datos del modelo del panel los valores de 'Voltaje de máxima potencia y Corriente de máxima potencia' considerados para los cálculos.

Por lo cual se pueden ordenar los paneles de la siguiente manera: 4 cadenas de 10 paneles en serie, que brindan los siguientes valores: Por cadena:

$$V_{cadena} = 10 * 38.21 = 382.1V \quad (5.8)$$

$$I_{cadena} = 17.40 \quad (5.9)$$

$$P_{cadena} = V_{cadena} * I_{cadena} = 6648.54W \quad (5.10)$$

Multiplicado por el numero de cadenas:

$$W_{total} = P_{cadena} * cadenas = 6648.54 * 4 = 26,594.16 \quad (5.11)$$

Por lo cual con este arreglo podremos abastecer la energía requerida para la instalación cubriendo los parámetros que establece el regulador de carga para cada arreglo.

Para el diseño de la estación, se busca que las dimensiones de los paneles sean iguales o de una forma lo más regular posible, es decir, se busca que queden acomodados en un cuadrado o rectángulo, acomodo que brindará la estructura que soportara al panel. También se debe tomar en cuenta la inclinación que tendrán los paneles para así obtener el mejor rendimiento posible. Los cuales se obtienen a través de la siguiente fórmula, donde  $D_n$  es el numero de días del mes con menor rendimiento:

$$\theta = 23.45 \text{sen}\left(360 * \frac{284 + d_n}{365}\right) \quad (5.12)$$

Es decir:

$$\theta = 23.45 \operatorname{sen}\left(360 * \frac{284 + 30}{365}\right) = 19.57 \quad (5.13)$$

Por lo cual, el ángulo de inclinación que deben tener los paneles es de  $19.57^\circ$ , se recomienda orientar los paneles solares hacia el sur para maximizar la captura de radiación solar.

Se procede a sacar el ángulo de salida del sol, de la siguiente forma:

$$\delta = -\arccos(-\tan(\delta) * (\phi)) \quad (5.14)$$

La latitud del lugar es representada por  $\phi$ .

Dando por resultado:

$$\delta = 81.90 \quad (5.15)$$

Por lo cual se comprueba que con esta inclinación en la cantidad de paneles instalados, que se podrá abastecer la demanda y que se cumplirá con las especificaciones que se tienen previstas.

Posteriormente a calcular el numero de paneles, y su ubicación se calcula la distancia y altura entre paneles.

### 5.3. Distancia entre paneles

Para la instalación de los paneles se considera un espacio abierto, en el estacionamiento detrás de las naves de los laboratorios de ingeniería, en los cuales se dispondrán sobre el suelo con una estructura previamente preparada para ello, con lo cual se procede a calcular la distancia entre las hileras de los módulos para evitar las perdidas que se puedan producir por sombras en las que se vean involucrados los paneles de ambas hileras o evitar que alguna ave pueda posarse sobre estos.

Calculando la distancia entre paneles (para evitar pérdidas por efecto sombra).

La fórmula por utilizar para calcular la distancia será:

$$d = h * k \quad (5.16)$$

Donde:

**d** distancia 'd' medida sobre la horizontal

**h** altura máxima del obstáculo

**k** factor en función de la latitud del lugar

Como se desea obtener el factor 'k' se despeja de la ecuación quedando de la siguiente manera:

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} \quad (5.17)$$

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - 19.413^\circ)} = 1.12m \quad (5.18)$$

Se calcula la altura del panel:

$$h = \text{tg}(38^\circ) * 2180 \text{ mm} = 1.70 \text{ m} \quad (5.19)$$

Por lo que la distancia mínima entre cada 'STRING' de paneles será igual a:

$$d = h * k = (1.70 \text{ m})(1.12 \text{ m}) = 1.904 \text{ m} \quad (5.20)$$

Cabe señalar que esta distancia es para evitar mayores pérdidas por el efecto sombra, es decir, cuando se genera energía por efecto fotovoltaico se debe evitar cubrir las celdas captadoras, ya que se generarían pérdidas no deseadas en el sistema. Los factores que pueden producir el efecto sombra siendo los más usuales los siguientes:

- Que exista poca distancia entre paneles fotovoltaicos, es decir, que un panel cubra a otro produciendo una sombra.

- La mala instalación de los paneles siendo la orientación e inclinación factores que se deben considerar para obtener un rendimiento máximo.
- Cuando algún objeto como hojas, polvo, aves, proyectan su sombra sobre alguno de los paneles de la instalación.

## 5.4. Selección de banco de baterías

Posteriormente al dimensionamiento del parque solar, se procede a dimensionar el banco de acumuladores o baterías que darán respaldo a la hora de consumir energía de la estación, que por algún factor de los mencionados anteriormente influya afecte el funcionamiento, o en la noche durante las horas donde no hay luz solar.

Debido a la gran variedad de baterías existentes en el mercado actualmente, es complicado la elección de este elemento, ya que se encuentran diversos tipos y de distintos costos, sin embargo, las baterías de última tecnología o última generación como las de iones de litio son consideradas como la mejor opción por los requerimientos de la estación y para los sistemas fotovoltaicos en general.

Los parámetros técnicos más relevantes de las baterías son la autonomía que pueden prestar al servicio y la profundidad de descarga. Para el cálculo se requiere saber la tensión de cada batería y su profundidad de descarga.

Para el diseño de los acumuladores, se tomará en cuenta la batería 'LFP48-300(48V300AH)' de 48V 300Ah. Las características técnicas están dadas por la tabla 5.5, que presenta los datos más importantes a la hora de la elección de la batería, como lo son su capacidad nominal, la tensión nominal, los valores máximos de corriente que se pueden alcanzar, así mismo sus especificaciones técnicas para el correcto dimensionado del sistema. La hoja de datos correspondiente a la batería se adjunta en los anexos de este trabajo.



Tabla 5.5: Especificaciones técnicas para batería 'LFP48-300(48V300AH)'. Fuente: [2]

<i>Característica</i>	<i>Valor</i>
Capacidad nominal	(300Ah C5,25°C)
Potencia por hora	14400 Wh
Tensión nominal	48 v
Profundidad de descarga	80 %
Tensión de corte de la descarga	55.5v +- 0,2 v
Corriente de carga estándar	60 A
Corriente de carga rápida	100 A
Corriente de descarga estándar	150 A
Corriente de descarga rápida	500 A
Resistencia interna	≤ 500Ohm
Dimensiones	482*570*270mm
Peso	107 kg (aprox.)



Figura 5.11: Imagen de batería elegida

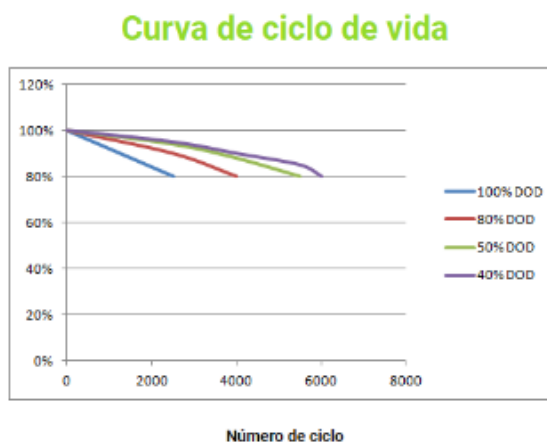


Figura 5.12: Curva ciclo de vida

### 5.4.1. Cálculo de la capacidad de los acumuladores

El equipo acumulador debe tener una capacidad tal que permita alimentar al sistema durante los periodos de baja irradiación y durante los picos de demanda.

En este sentido se define el concepto de autonomía, que es el tiempo durante el cual el acumulador puede soportar la demanda sin aporte de energía solar.

La autonomía que se busca en la estación de recarga es de 1 día, ya que se considera que

todos los días de la semana, a excepción del domingo se estaría utilizando la estación, ya que al darle más días de autonomía Para el dimensionamiento de las baterías o acumuladores los parámetros a considerar es la profundidad de descarga de las baterías y los días de autonomía de la instalación.

Por lo tanto, la capacidad de los acumuladores está definida por la ecuación siguiente:

$$C_n = \frac{P_{max} * N}{Pd * V_{bat}} = \frac{(120 kWh)(1)}{(0.8)(48 v)} = 3125Ah \quad (5.21)$$

Donde:

$C_n$  Capacidad nominal de la batería

$N$  Días de autonomía

$V_{bat}$  Voltaje en la batería

Calculando el número de baterías:

$$no\ de\ baterias = \frac{C_n}{C_{bat}} = \frac{3125}{300 Ah} = 10.41 \simeq 10\ baterias \quad (5.22)$$

Una vez calculada la capacidad total de almacenaje de la instalación propuesta y sabiendo la capacidad de la batería, se podrá calcular el número de baterías que irán en paralelo.

Para los cálculos se necesita conocer la siguiente información de la instalación:

El voltaje de la instalación es de 400 V.

El voltaje de cada batería es de 48 V.

$$N_{batSERIE} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{400v}{48v} = 8.33 \simeq 8\ baterias\ en\ serie \quad (5.23)$$

Por lo cual debido a que el voltaje de entrada de las baterías en el regulador es de 400, se deben instalar 8 baterías en serie, sabiendo esto se calcula el número de baterías en

paralelo.

$$N_{batPARALELO} = \# \text{ baterias} - N_{batSERIE} = 10 - 8 = 2 \text{ baterias en paralelo} \quad (5.24)$$

Estos arreglos de en serie y paralelo, nos permite aumentar el voltaje (v) o la capacidad de amperes por hora (Ah), permitiendo aplicaciones de mayor voltaje o aplicaciones que requieren de mucha energía almacenada.

Una vez obteniendo el dato del número de baterías que tendrán que ir en paralelo, se puede observar que se contara con un banco de baterías conformado por 10 baterías, donde se considera la potencia que entregaran las baterías y pérdidas que se pueden presentar, además de que se busca que el banco de baterías tenga las mismas dimensiones y pueda mantener el voltaje de trabajo se consideran 9 baterías en dos strings diferentes, dando un total de 10 baterías o acumuladores que serán los encargados de abastecer la demanda, estos strings, son los que brindarán un margen un poco mas amplio de energía acumulada, por lo cual la capacidad en W del banco de baterías será de 144 kWh\*día.

Para calcular el voltaje que las baterías entregan al inversor, se toma como referencia el voltaje de entrada del inversor, tensión nominal de la batería así como el valor de corriente de descarga estándar de la batería, es decir:

$$V_{bancobaterias} = V_{batPARALELO} + V_{batSERIE} \quad (5.25)$$

$$I_{bancobaterias} = I_{batPARALELO} + I_{batSERIE} \quad (5.26)$$

Es decir:

$$V_{bancobaterias} = V_{batSERIE} = V_{max} * N_{batSERIE} = 48 \text{ v} * 8 = 384 \text{ v} \quad (5.27)$$

$$I_{bancobaterias} = I_{batPARALELO} + I_{batSERIE} \quad (5.28)$$

Donde:

$$I_{batPARALELO} = I_{de} * N_{batPARALELO} = 100 \text{ A} * 2 = 200 \text{ A} \quad (5.29)$$

$$I_{batSERIE} = I_{de} = 100 A \quad (5.30)$$

Sustituyendo en 5.26:

$$I_{bancobaterias} = 100 A + 200 A = 300 A \quad (5.31)$$

Puede observarse que se puede manejar de manera semejante el arreglo del banco de baterías o acumuladores a los strings de paneles.

Por tanto, la potencia pico del generador fotovoltaico será la suma de las potencias de cada módulo, más la potencia generada por el banco de baterías.

## 5.5. Selección del controlador de carga

En una instalación fotovoltaica aislada para recargar vehículos eléctricos, es recomendable utilizar un controlador de carga. Un controlador de carga, también conocido como regulador de carga, es un dispositivo esencial en un sistema fotovoltaico, especialmente en sistemas autónomos que utilizan baterías para almacenar la energía generada por los paneles solares.

El controlador de carga incorporado en el punto de recarga tiene la función de regular y controlar la carga de la batería del vehículo eléctrico. Este controlador de carga se encarga de gestionar la potencia y la corriente de carga, garantizando una carga segura y eficiente para el vehículo.

El controlador de carga tiene varias funciones importantes:

- Regulación de la carga de las baterías: El controlador de carga regula la corriente que fluye desde los paneles solares a las baterías, asegurando una carga adecuada y evitando la sobrecarga o descarga excesiva de las baterías. Esto ayuda a prolongar la vida útil de las baterías y garantiza un rendimiento óptimo del sistema.
- Protección de las baterías: El controlador de carga protege las baterías contra condiciones adversas, como sobrecarga, sobredescarga y sobrecalentamiento. Controla

los niveles de voltaje y corriente para evitar daños en las baterías y garantizar un funcionamiento seguro y eficiente.

- Monitoreo y control: Algunos controladores de carga también ofrecen funciones de monitoreo y control, permitiendo a los usuarios supervisar el estado del sistema, la carga de las baterías y realizar ajustes o configuraciones según sea necesario.

El controlador de carga juega un papel clave al regular y controlar la energía suministrada a las baterías, ayuda a garantizar una carga segura y eficiente de las baterías, maximizando el rendimiento del sistema.

En el caso de una instalación autónoma fotovoltaica, en la que se utilizan paneles solares y baterías para generar y almacenar energía, generalmente se requiere un regulador de carga para controlar el flujo de energía entre los paneles solares y las baterías.

### 5.5.1. Cálculo del regulador de carga

Para el cálculo del inversor solar CD/CA se debe de tener en cuenta la tensión de la instalación y que pueda ser capaz de soportar las corrientes del sistema.

Para conocer cuántos inversores serán necesarios para el correcto funcionamiento de nuestra instalación se debe conocer la corriente máxima que este pueda soportar, este cálculo se realiza a partir del número arreglos de paneles en paralelo que se instalarán y la corriente de corto circuito de estos, brindada en la hoja de datos del panel. El valor de 1.25 corresponde a un factor de seguridad de sobre dimensionamiento a la instalación.

$$I_{Mgen} = \# \text{ paneles paralelo} * I_{mpp} * 1.25 = (4)(18.31 A)(1.25) = 91.55 A \quad (5.32)$$

Donde:

$I_{Mgen}$  Corriente máxima generada

$I_{mpp}$  Corriente máxima por panel

Es decir, se necesita cubrir con el regulador 91.55 A. Para ello, se elige un regulador de carga MPPT de la marca Victron Energy, en específico el modelo 'Isolated SmartSolar MPPT RS 450 | 200' el cual tiene una capacidad máxima de 100 A, también puede combinarse en paralelo con otros reguladores del mismo modelo para aumentar la capacidad total. Este dato se puede encontrar en las especificaciones técnicas del regulador inversor



Figura 5.13: Isolated SmartSolar MPPT RS 450 | 200. Fuente: Victron Energy

Tabla 5.6: Especificaciones técnicas del Isolated SmartSolar MPPT RS 450 | 200

<i>Características Técnicas</i>	<i>Valor</i>
Rango de operación MPPT	80-450 V
Voltaje de baterías	48 V
Número de arreglos	4
Corriente máxima CC	25 A (por arreglo)
Potencia máxima del PV	7200 Wp

$$\# \text{ reguladores} = \frac{I_{Mgen}}{I_{max.reg}} = \frac{91.55 \text{ A}}{100 \text{ A}} = 0.9155 \simeq 1 \text{ regulador} \quad (5.33)$$

Por lo cual se necesita 1 regulador de carga para cubrir la capacidad deseada.

## 5.6. Selección del inversor

En lo que respecta al inversor es válido el mismo comentario del apartado pasado, debe asegurarse su correcto funcionamiento.

Si la carga se alimenta con CA, se conectará a la salida del regulador hacia la carga y debe cumplir los requisitos siguientes:

1. Si su potencia nominal es superior a 1KVA se recomienda una onda de salida sinusoidal.
2. Debe asegurar que su frecuencia es de 60 Hz  $\pm 2$ , en cualquier condición de trabajo y que la tensión eficaz de la corriente de salida es la deseada para el consumo (127/220 con una variación del  $\pm 5\%$ ).
3. Debe asegurar su correcta operación frente a sobrecargas durante pequeños intervalos de tiempo. Sobrecargas debidas a equipos como motores, pantallas, etc. . .

Los inversores deben estar protegidos ante situaciones accidentales como:

- Tensiones de entrada fuera del margen de operación
- Una posible desconexión del acumulador
- Un cortocircuito en la salida de CA
- Alguna sobrecarga fuera de los límites permitidos

### 5.6.1. Cálculo del inversor de carga

El dimensionamiento del regulador de carga, depende de la intensidad que consume la carga, teniendo en cuenta todos los consumos al mismo tiempo, y se calcula con la fórmula siguiente:

$$inversores = \frac{P_{tot}}{P_{inv}} \quad (5.34)$$

Teniendo en cuenta que la potencia total es la potencia generada por el conjunto de paneles solares y el banco de baterías, sustituyendo:

$$\text{inversores} = \frac{26,600 W + 115,200 W}{75,000 W} = 1.90 \simeq 2 \text{ inversores} \quad (5.35)$$

El inversor seleccionado es un inversor de la serie SMA Sunny Tripower Smart Energy, en específico el modelo 'Sunny Tripower CORE1 50-US' el cual se muestra en la figura 5.14. La hoja de datos técnicos del inversor se incluye en el 'Anexo Técnico' de este trabajo.



Figura 5.14: Inversor Sunny Tripower Sunny Tripower CORE 1 Smart Energy Fuente: SMA

A continuación, se presenta en la imagen 5.7 las especificaciones técnicas para el modelo Sunny Tripower CORE1 50-US, el cual por las características ya antes mencionadas se eligió, presentando una ventaja en cuanto a su uso y flexibilidad con respecto a diferentes modelos, como lo es la tensión de CA de entrada, que permite trabajar en 220 v o 440 v, y la ventaja de poder abastecer una toma con toda la potencia disponible para hacer más rápida la recarga de la batería del vehículo eléctrico. Existen muchos valores técnicos dentro de la hoja de datos del inversor 'Sunny Tripower CORE 1' que se deben tener en cuenta, sin embargo, los valores que se toman en consideración para el dimensionamiento de la estación de recarga son la tensión de trabajo, la corriente máxima y la potencia



asignada a dicho inversor.

Las características técnicas del inversor son las siguientes que se muestran en la tabla 5.7.

Tabla 5.7: Especificaciones técnicas del inversor Sunny Tripower CORE 1

<i>Características Técnicas</i>	<i>Valor</i>
Potencia máxima de CC (por MPPT)	75,000 W
Tensión de entrada máxima	1,000 V
Rango de tensión MPP	500-800 V
Tensión nominal	670 V
Tensión de arranque	180 V
Corriente máxima de entrada por string	20 A
Números de strings por entrada	6
Potencia asignada	50,000 W

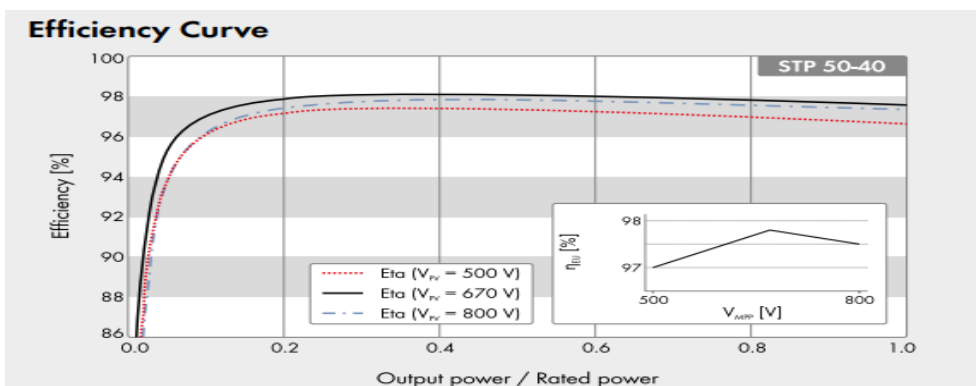


Figura 5.15: Curva de eficiencia del inversor Sunny Tripower CORE 1. Fuente:SMA

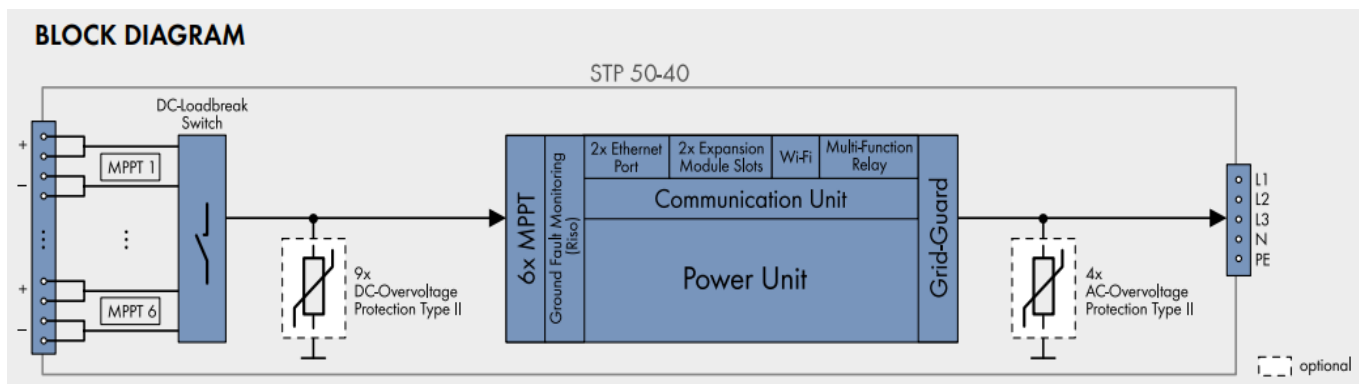


Figura 5.16: Diagrama de bloques del inversor Sunny Tripower CORE 1. Fuente:SMA

## 5.7. Selección del Punto de Carga

Como su propio nombre lo indica, un punto de carga, sirve para cargar los vehículos eléctricos destinados para recarga en la estación, estos, transmiten la energía eléctrica generada hacia la batería del vehículo eléctrico.

A continuación se presentan las características generales y específicas propias del punto de carga elegido para la estación.

### 5.7.1. Especificaciones generales

Con la finalidad de hacer más sencillo el uso de la estación de recarga se optó por el siguiente modelo de estación de recarga: SMA EV Charger 22 (Para interior o exterior de empresas y estacionamientos), el cual tiene las siguientes ventajas:



Figura 5.17: SMA EV Charger 22 Fuente:SMA

- Permite gestionar la potencia cuando se carga el vehículo, inclusive cuando el punto de carga no utiliza la potencia máxima.
- Su carcasa está hecha de plástico ABS, que es un material robusto y resistente a los rayos UV. Además, protege contra el estrés mecánico y problemas ambientales.
- La pantalla para el usuario es de fácil interacción con instrucciones de carga fáciles y que muestran el estado del conector.

En la imagen 5.19, se presentan los datos más generales que influyen directamente para la elección de la estación de recarga para VE.

Datos técnicos	SMA EV Charger 7.4	SMA EV Charger 22
<b>Entradas y salidas (CA)</b>		
Potencia de carga (modo 3)	1,3 kW a 7,4 kW (configurable)	1,3 kW a 22 kW (configurable)
Tensión nominal	230 V	400 V
Frecuencia nominal	50 Hz	50 Hz
Corriente nominal	máx. 32 A, monofásica	máx. 32 A, trifásica
Sección de conexión	3 x 6 mm <sup>2</sup> /3 x 10 mm <sup>2</sup> (rígida)	5 x 6 mm <sup>2</sup> /5 x 10 mm <sup>2</sup> (rígida)
Conexión del vehículo	conector de tipo 2	
<b>Comunicación</b>		
Ethernet/WLAN	● / ●	
Interfaz del operador de red	entrada digital	
<b>Dispositivos de protección</b>		
Control integrado de corriente residual continua	6 mA	
Protección contra apagones	●	
<b>Condiciones ambientales durante el funcionamiento</b>		
Temperatura ambiente	de -25 °C a +40 °C (de -13 °F a +104 °F)	
Rango de temperatura de almacenamiento	de -25 °C a +70 °C (de -13 °F a +158 °F)	
Tipo de protección (según IEC 60529)/Resistencia al impacto	IP 65/IK 08	
Clase de protección (según IEC 62103)/Categoría de sobretensión	I/III	
Valor máximo permitido para la humedad relativa del aire (sin condensación)	100 %	
Altitud sobre el nivel del mar	de 0 m a 2000 m	
<b>Datos generales</b>		
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	460/357/122 mm (18,1/14,1/4,8 in)	
Peso	8,0 kg (17,6 lb)	
Sistemas de distribución	TN/TT	
Indicación	indicación de estado mediante LED, aplicación SMA Energy	
Autoconsumo en stand-by	< 6,5 W	
<b>Equipamiento</b>		
Cable de carga integrado	5 m	
Contador de energía integrado	conforme a la MID	
Garantía	5 años	
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	IEC 61851, DIN IEC/TS 61439-7	
Compatibilidad del sistema (actualizado: 02/2020)	SMA Sunny Home Manager 2.0	
Disponibilidad de SMA Smart Connected en los países	AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, LU, NL, UK	
● Equipamiento de serie ○ Opcional – No disponible		
Datos en condiciones nominales, actualizado: 02/2020		
Modelo comercial	EVC7.4-1AC-10	EVC22-3AC-10

Figura 5.18: Especificaciones generales del SMA EV Charger 7.4/22. (Recarga de VE, Catalogo, SMA)

### 5.7.2. Especificaciones por modelo

Las especificaciones técnicas específicas para el modelo elegido se presentan a continuación en la imagen 5.19, donde también se muestra físicamente como está conformada la estación de recarga donde incluye su pantalla para fácil interacción y el cobro por tarjeta en dado caso que así lo requiera el usuario.

La energía que se suministrará a esta cargador será la energía generada a partir de paneles solares o paneles fotovoltaicos, bastante viables, son módulos de potencia de alta eficiencia y utilizan tecnologías avanzadas para mejorar el rendimiento y reducir problemas como las grietas o puntos calientes en el panel. Estos paneles estarán conectados al regula-

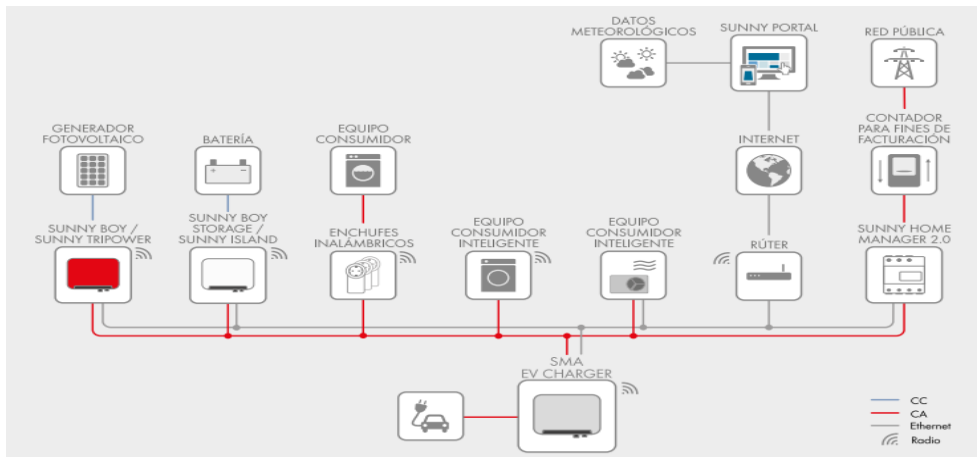


Figura 5.19: Diagrama de bloques de la instalación

El cargador de carga que hará la función de supervisar y regular la carga hacia las baterías, estas a su vez están conectadas al inversor para brindar la potencia necesaria para alimentar la carga, en este caso, la batería del vehículo eléctrico. Se elige instalar dos puntos de carga, para así poder alimentar hasta un total de 4 vehículos a la vez.

La ventaja que tiene este cargador frente a los demás existentes en el mercado, es que el punto de carga cuenta con un software capaz de detectar si existe más de un vehículo enchufado simultáneamente, para así reducir la corriente suministrada únicamente a uno y repartirla entre ambos.

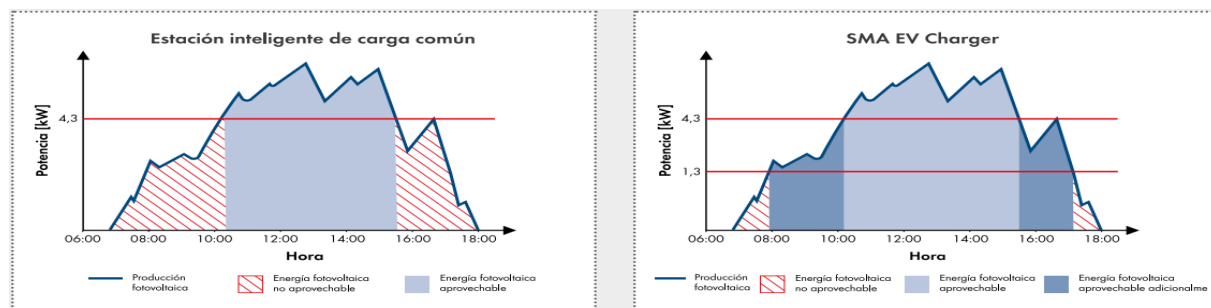


Figura 5.20: Comparación Puntos de Carga VE

## 5.8. Monitoreo de la instalación

Es importante destacar que en las estaciones de recarga de vehículos eléctricos, además del controlador de carga incorporado, también se pueden incluir otros componentes como sistemas de medición y control, protecciones de seguridad, y elementos de conectividad para la comunicación con el vehículo y la red eléctrica.

Para el monitoreo de la instalación se utilizará la interfaz SMA Smart Connected, que es una función ofrecida por el fabricante de SMA Solar Technology AG).

El objetivo principal de SMA Smart Connected es proporcionar un monitoreo avanzado del rendimiento de los inversores solares y el punto de carga para ofrecer un servicio de diagnóstico y mantenimiento proactivo. A través de esta función, los componentes conectados pueden enviar datos de rendimiento y estado en tiempo real a la plataforma de monitoreo de SMA.

Si se detecta alguna anomalía en el rendimiento o funcionamiento del inversor, el servicio SMA Smart Connected enviará una notificación automática al propietario o instalador del sistema solar, así como a SMA para su análisis y resolución del problema. Esto permite una rápida identificación y solución de posibles problemas, minimizando el tiempo de inactividad del sistema y optimizando su rendimiento.

También proporciona informes periódicos y acceso a una interfaz en línea donde se pueden consultar los datos de rendimiento del inversor y obtener información detallada sobre la generación de energía y el funcionamiento del sistema solar. Tras el diagnóstico y el análisis de un fallo, SMA informa de inmediato al operador/propietario de la instalación y al instalador por correo electrónico. Así, todas las partes están perfectamente preparadas para corregir el error. Esto minimiza el tiempo de inactividad y, en consecuencia, ahorra tiempo y dinero.

En resumen, SMA Smart Connected es un servicio de monitoreo y mantenimiento remoto que ofrece una supervisión avanzada, diagnóstico temprano de problemas y mantenimiento proactivo para los inversores solares de SMA. Esto ayuda a garantizar un rendimiento óptimo y confiable del sistema solar a lo largo del tiempo.

#### SMA Smart Connected

O sistema Smart Connected da SMA oferece a análise e a monitorização automáticas e gratuitas do seu inversor no Sunny Portal. Se o Smart Connected detetar um erro no seu inversor que exija a respetiva substituição, a SMA informará proativamente o operador do sistema e o técnico de instalação e enviará um inversor de substituição com a maior brevidade possível. O sistema Smart Connected da SMA minimiza os tempos de paralisação e diagnóstico, assegurando o seu investimento.

<input checked="" type="checkbox"/> Sim, gostaria de participar no programa Smart Connected com esta descrição de potência. Para poder utilizar o Smart Connected de forma ideal, indique os dados do operador e do instalador, bem como o endereço de entrega para a troca. Em função do país selecionado, os dados podem ser, em determinadas circunstâncias, transmitidos a prestadores de serviços externos da SMA Solar Technology AG.	
<b>Dados do operador *</b>	Empresa: SMA (se existente) Nome próprio: Damian Apellido: Ponce Rua/n.º: Sant Cugat CP/cidade: 08173   Sant Cugat Estado federal: País: Espanha Telefone: 610615824 E-mail: damian.ponce@sma-iberica.com Número de IVA: <input type="checkbox"/> não existem números de IVA
<b>Dados do instalador *</b>	Empresa: Nome próprio: Apellido: Rua/n.º: CP/cidade: Estado federal: País: Espanha Telefone: E-mail: Introduza o endereço de e-mail de um instalador registrado no Sunny Portal e advirta-o para registrar o seu número de cliente. Isto ajuda-nos no processamento dos seus casos Smart Connected. O número de cliente pode ser inserido através da <b>SMA Online Store</b> .
<b>Endereço de entrega</b>	<input checked="" type="radio"/> Sistema <input type="radio"/> Operador <input type="radio"/> Instalador
<b>Destinatário do e-mail</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Operador <input type="checkbox"/> Instalador
<input type="button" value="Guardar"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Apagar"/>	

Figura 5.21: Interfaz Smart Connected de SMA. Fuente: SMA

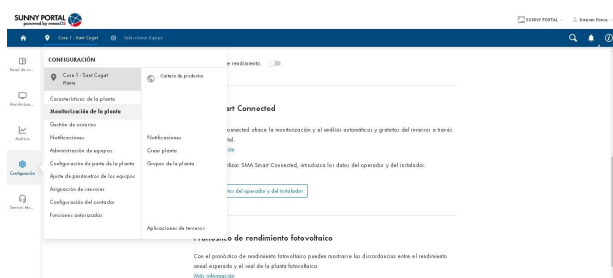


Figura 5.22: Interfaz Smart Connected de SMA. Fuente: SMA

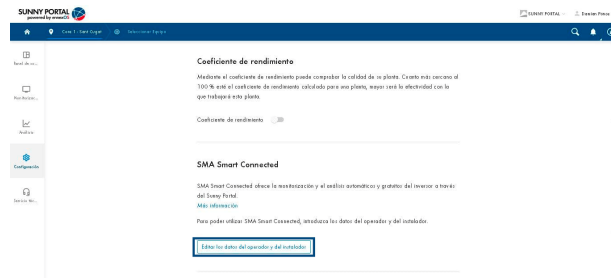


Figura 5.23: Interfaz Smart Connected de SMA. Fuente: SMA

## 5.9. Protecciones

En los sistemas eléctricos, los sistemas de protección son de los aspectos mas importantes, ya que de ellos depende la seguridad de la instalación y del personal y usuarios, es importante recordar que la instalación trabaja en corriente continua y corriente alterna, la

primera es la que se encuentra presente en los paneles solares hasta el inversor, y la segunda es la que sale del inversor para el consumo, por lo que es debido diseñar las protecciones para ambos casos.

### 5.9.1. Caja Combinadora

Para la debida instalación de las protecciones, todo se monta en un componente llamado caja combinadora, de la cual se explica a continuación:

La caja combinadora mostrada en la Figura 5.24 se selecciona en base a la conexión de los paneles y el inversor a usar, es decir, sirven para realizar diferentes arreglos con el fin de alcanzar voltajes o corrientes necesarios para que el inversor haga su función correctamente.



Figura 5.24: Integrated Box 3 Strings. Fuente: SOLAREVER México.

A continuación, se detallará los elementos principales de la caja combinadora.

### 5.9.2. Fusible

El primer elemento de protección deberá ser el fusible, mostrado en la figura 5.25, es el elemento de protección contra sobre corriente y debe ser dimensionado a un valor no menor al 125 % de la corriente del conductor, una vez aplicados los factores de corrección. Es importante tener el debido conocimiento que los fusibles deben de ser para aplicaciones fotovoltaicas.



Figura 5.25: Fusible de protección

### 5.9.3. Diodo de bloqueo

El diodo de bloqueo que se muestra en la figura 5.26 es otro componente el cual trata de alcanzar un mejor rendimiento y protección a los demás componentes de la instalación.



Figura 5.26: Diodo de Bloqueo

### 5.9.4. Seccionador

El seccionador o desconectador mostrado en 5.27 permite desconectar el circuito en caso del algún inconveniente, por ejemplo, un arco eléctrico, también es usado para realizar mantenimiento o maniobras durante la operación. Los seccionadores deben ser para corriente directa, y pueden ser de salto automático o no, ya que la intensidad de la corriente nunca superara la corriente de corto circuito especificada por el fabricante del panel, en consecuencia, se produce un grado alto de fiabilidad y seguridad a la estación. La elección de este componente es en función de la corriente, y de el diseño de la instalación.



Figura 5.27: Seccionador o desconectador



### 5.9.5. Apartarrayos

Protección para sobretensiones o apartarrayos, mostrado en la figura 5.28. Cuando ocurre una descarga atmosférica, el apartarrayos o supresor de tensiones es el dispositivo que drena la descarga a tierra y evita el daño a los elementos del sistema.



Figura 5.28: Pararrayos en SFV.

La barra de tierras es un elemento el cual va a concentrar los conductores de puesta a tierra dependiendo de la cantidad de arreglos. Sin embargo, en el capítulo siguiente se especifican los requisitos y material para la puesta a tierra.

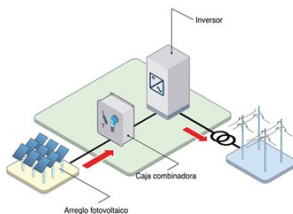


Figura 5.29: Esquema de barra de tierras. Fuente: Sistemas Fotovoltaicos (Libro)

### 5.9.6. En CA

#### Interruptor diferencial

Esta protección es diseñada para proteger a las personas de alguna posible corriente de fuga y para proteger a la instalación de cortocircuitos y/o derivaciones. Para seleccionar el correcto interruptor se debe tener en cuenta la potencia del inversor para seleccionarlo. En este caso la instalación cuenta con un voltaje de trabajo de 400v y la potencia del

inversor de 50kW.

$$I_{nomint} = I_{carga} + I_{cc} = 32A + 17.40A = 49.4A \quad (5.36)$$

Por lo cual el valor se multiplica por un factor de seguridad de 1.2.

$$Interruptor(A) = 49.4 * 1.2 = 52.88A \quad (5.37)$$

Por lo cual el interruptor seleccionado debe ser mayor a 53 A. Si se desea usar un interruptor termomagnético se usa la misma ecuación, por lo cual el termomagnético debe aguantar por lo menos una corriente de 53 A como mínimo.

### 5.9.7. En CC

Para las protecciones en corriente continua se considera la norma internacional IEC 62548 donde se considera la protección de fusibles para el campo de paneles solares, protege de corrientes inversas que puedan darse en los arreglos. Por normativa, si no se supera el amperaje de inversión máximo soportado por el panel, no es necesario usar fusibles, aunque es conveniente usarlos para evitar trabajar con corrientes elevadas, las cuales pueden producir alguna falla en la instalación.

La ecuación para calcular el valor del fusible, esta dada por la formula siguiente, proporcionada en la norma IEC 62548.

$$I_{scString} = (Np - 1) * 1.25 * I_{sc} \quad (5.38)$$

Es decir:

$$I_{scString} = (4 - 1) * 1.25 * 18.31 = 51.78A \quad (5.39)$$

Donde Np es el número de paneles en paralelo

Por lo cual el valor del fusible deberá ser mayor a 52 Amperes.

Las protecciones de sobre tensión cumplen la misma función que los fusibles, esta diseñado para proteger a los paneles de altos valores de tensión que pueda afectar en el funcio-

namiento de los elementos, así como para prevenir fallos. El dispositivo funciona de tal manera que desvía las tensiones hacia la puesta a tierra de la instalación.

Es recomendable usar un descargador de sobretension, el valor de este se elige en base a la máxima tensión de funcionamiento sin provocar daños. Cabe señalar, que la falla mas común es por no hacer uso de estos descargadores de sobretension en sistemas fotovoltaicos y se trata del corto circuito del inversor en la entrada de corriente continua.

En base a estos cálculos, se dimensiona la capacidad del dispositivo. Para el dispositivo con capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobre corriente se debe colocar en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc.

## 5.10. Conexión de la instalación

Referente a la conexión de los paneles y los demás componentes, se encuentra los conectores 'MC4' que se encuentran físicamente colocados en las terminales de cada panel o modulo solar, es en ellos es donde se pueden presentar la mayoría de las fallas, por ejemplo un arco eléctrico debido a un problema al momento de instalarlos.

Estos conectores MC4, los cuales se muestran en la figura 5.30, son conectores eléctricos de uso común para la conexión de los paneles solares. En realidad, el nombre MC4 son un conjunto de siglas en donde la MC significa "multi contact" y el 4 se refiere al diámetro pasador de clavija de contacto de 4 mm. Dichos conectores permiten conectar los módulos entre sí, de manera tal que se pueden construir cadenas de paneles empujando los conectores de los paneles adyacentes.

Sus componentes constan de un conector macho y un conector hembra los cuales se colocan en carcasas de plástico, donde también debe de prevenirse para elegir el calibre correcto del cable de conexión, por lo general, cuentan con doble aislamiento y protección UV en caso dado que los cables se deterioren si son usados al aire libre.

Las partes que conforman a los conectores MC4 se muestran en la figura 5.30. En el caso de la desconexión se requiere una herramienta especial conocida como 'llave inglesa para



Figura 5.30: Partes que constituyen a un conector MC4. Fuente: Blog CCEEA

conector MC4', la cual se observa en la figura 5.31, y con esta poder desconectar las terminales,



Figura 5.31: Llave MC4, conector macho(arriba) y conector hembra (abajo), conector para MC4. Fuente:Hissuma Materiales

Por lo tanto, es importante asegurarse de que no se desconecten accidentalmente cuando se tira de los cables, ya que puede dañar la terminal de conexión de los paneles así como el conector.

Con el uso de estos conectores existen factores importantes que se deben considerar:

- Es realmente importante no conectar o desconectar bajo carga, inclusive en sistemas de baja tensión, debido a que se puede producir un arco eléctrico y dañar seriamente los materiales en contacto, lo que resulta en una alta resistencia y sobrecalentamiento. Esto es en parte debido a la corriente directa, mientras que si se usan en corriente

alterna los arcos eléctricos se auto extingue en el punto en que la tensión sea cero.

- Los conectores de enchufe que no están hechos por Multi-Contact (MC) pero que pueden ser acoplado con elementos del fabricante Multi-Contact (MC) y a veces también se describen por sus fabricantes como “MC compatible”, no se ajustan a los requisitos para una conexión eléctrica segura y estable a largo plazo y por esta razón de seguridad no es recomendado conectarlos.
- Para la correcta instalación de los conectores MC4 es necesario el uso de 2 herramientas indispensables. La primera herramienta indispensable es una pinza ponchadora de MC4, esta sirve para poder realizar la fijación de los pines, es muy importante utilizar una pinza ponchadora pues estas trabajan con la presión adecuada para que el pin quede fijo al cable, usando solo la fuerza necesaria. Utilizar una pinza común o fijar el pin doblándola solo con la mano es un riesgo, pues al quedar el pin flojo se corre el riesgo de formar el arco eléctrico. La segunda herramienta es una llave inglesa de MC4 para poder apretar la tapa terminal y fijar así el conector, esta misma llave sirve para poder desconectar las terminales MC4.

Para la conexión de los componentes de la instalación, es decir, las conexiones entre paneles e inversor, por ejemplo, se utilizará cable fotovoltaico, conocido también como cable PV.

El cable PV es un cable de un solo conductor utilizado para conectar los paneles de un sistema de energía eléctrica fotovoltaica. La electricidad producida en los paneles se transporta por el cableado hacia el inversor o punto de almacenamiento (las baterías o acumuladores) y se usará este tipo específico de cable para la instalación ya que fue creado para este tipo de aplicaciones.

En la elección de este cable se tomó en cuenta las normas que se rigen en nuestro país (NOM-001-SEDE-2018 e IEC) estas normas pueden variar en cada país. Por tanto, el dimensionamiento del cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface las condiciones siguientes [3]:

- Intensidad máxima admisible o de calentamiento: Cuando el cable se encuentra a plena carga o en un estado permanente, este no deberá superar la temperatura que

está permitida asignada a los materiales que son utilizados para aislar el cable, se especifica en la hoja de datos técnicos.

- Caída de tensión: La caída de tensión debe estar por debajo de los parámetros establecidos por la estación, esto, para abastecer la alimentación. Cuando las líneas son largas es uno de los principales criterios a tomar en cuenta.
- Intensidad de cortocircuito. Cuando ocurre un corto circuito de duración corta, la temperatura del conductor no debe pasar los parámetros establecidos por los fabricantes en sus hojas de datos.

A continuación se presentan las características que presenta el cable fotovoltaico que se eligió para la instalación.

<b>Cable Fotovoltaico (Cable Solar) 4 mm<sup>2</sup> (12 AWG) para la conexión de Paneles Solares hasta 2000V DC.</b>	
<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Voltaje Máximo del Sistema Fotovoltaico	2000 V CD
Voltaje Nominal U <sub>0</sub> /U:	CD 1.5 / 1.5 kV
Max. Voltaje de operación CA:	1200 V
Max. Voltaje de operación CD: 1800 V	1200 V
Rango de Temperatura:	- 40 °C a + 90 °C
Temperatura máxima del conductor:	+ 120 °C
Resistencia	A prueba de la intemperie y resistente a rayos UV
Construcción:	Conductor de cobre estañado 56 hilos, 4Doble Aislamiento XLPE.
Certificado	IEC 62930:2017.
<b>Conductor</b>	
Material	DIN EN 60228 Clase 5
Construcción	56 hilos x 0.31 mm max.
Diámetro del conductor	3.00 mm max.
Resistencia 5.09	5.09 mΩ/m max.
<b>Aislamiento de Núcleo:</b>	
Material	Poliolefina Reticulada (XLPE)
Espesor mínimo	0.53 mm
<b>Cubierta de Aislamiento:</b>	
Material:	Poliolefina Spezial Reticulada (XLPE)
Espesor:	0.58 mm min.
Diámetro exterior	5.40 ± 0.2 mm

Figura 5.32: Características del cable PV para la instalación

Para finalizar la sección, se resalta que es muy importante la correcta selección de cable

en sistemas con paneles solares fotovoltaicos, pues si elegimos un rango inferior a la recomendada para una intensidad de circulación superior a la recomendada podría producirse un calentamiento excesivo del cable que podría dañar su aislamiento e incluso un peligro potencial de incendio.

### 5.10.1. Estructuras de los paneles

Las estructuras donde son colocados los paneles en caso que se necesiten, suelen ser de aluminio, que permite abrace el vidrio que cubre la parte superior y la lámina trasera solar por debajo.

Su función es la siguiente: de un lado protege a los componentes internos de las tensiones térmicas y mecánicas, y también proporciona los puntos de sujeción para la puesta en servicio de los paneles solares, también tienen ventajas en su transportación en comparación a los que no cuentan con el marco. Los marcos de aluminio anodizado son denominados como los más prácticos para los fines de una instalación fotovoltaica. Las propiedades de un panel solar enmarcado de alta calidad como los que se usan para este proyecto son definidas por los problemas que se puedan presentar a lo largo de su vida útil.

Aunque existen distintos tipos de materiales, se optó por el aluminio anodizado con revestimiento transparente, el cual aumenta la resistencia a la corrosión, son más delgados, buenos para la estética del terreno, además de ser más ligeros para la maniobra del instalador. También un punto a favor es que se puede combinar con otros sistemas de montaje fotovoltaico o estructuras y cuentan con una elevada resistencia a la tracción para mejorar la resistencia a la carga de nieve, al impacto del viento, si es que las condiciones del lugar así lo demandan.

Además otro factor en cuenta para instalar los marcos de sujeción para los paneles solares, y otro de los distintos tipos de factores a considerar es el tipo de superficie en el cual se instalara, si es plano o cuenta con algún tipo de inclinación, las condiciones climáticas y los tipos de terreno, por lo que es necesario contar con diversas estructuras que puedan

adaptarse a cada una de las condiciones.

- *Estructuras para cubiertas inclinadas*

Las estructuras de techo inclinadas son las más económicas y sus muchas ventajas las convierten en una opción definitivamente recomendada. El montaje es rápido y se adaptan perfectamente al entorno en el momento de la compra. Hablamos de elementos horizontales anclados en paralelo mediante varios dispositivos de fijación. El soporte es adecuado para diferentes métodos de instalación y se puede medir de acuerdo con diferentes aspectos: tamaño del panel, dirección y longitud de la fila.

- *Estructuras para superficies planas*

La superficie plana permite instalar una estructura ajustable, permitiendo colocar los paneles solares según la inclinación requerida. Se logran mediante ángulos ajustables muy efectivos y se pueden utilizar en instalaciones de techo plano y suelo. De esta forma, independientemente del lugar de instalación y temporada de uso, la estructura se adaptará a la inclinación más adecuada.

Al seleccionar el tipo de estructura, lo mejor es analizar la ubicación de la instalación planificada. En este sentido, el espacio perfecto para la instalación de placas solares es la cubierta orientada al sur con mejor pendiente, en estos casos, la colocación de estructuras coplanares es la más conveniente. La forma de solucionarlos es muy sencilla, por lo general, se utilizan varios perfiles de aluminio donde se ubican los paneles solares, y su inclinación será consistente con el ángulo del techo.

Además, existen opciones novedosas de fijación por tramos que abaratan considerablemente la instalación. Como ya se mencionó anteriormente, dependiendo del tipo de suelo o superficie donde estarán instalados los paneles, se determina el tipo de estructura, existen lugares donde no es posible realizar alguna perforación y para ello se diseñan soportes especiales desarrollados para este fin.

La cantidad de estructuras está dada por la cantidad de paneles que se instalarán, en este caso serán 42 estructuras de paneles.



## 5.11. Puesta a tierra de la estación de recarga

Como ya se ha mencionado, un sistema de puesta a tierra tiene como objetivo limitar la tensión con respecto a tierra que pueda presentarse en las masas metálicas y pueda asegurar la función de las demás protecciones para disminuir el riesgo de alguna daño en los materiales eléctricos utilizados. La puesta a tierra es una conexión eléctrica de las partes metálicas o elementos pasivos de una instalación, a un electrodo enterrado a cierta profundidad, con la finalidad de igualar el potencial eléctrico de estos elementos con el terreno, que sirve para conducir desvíos de corriente hacia tierra, consecuencia de un fallo. A continuación se explica cada uno de ellos y su función dentro de la puesta a tierra.

### 5.11.1. Dimensionamiento del sistema de puesta a tierra

Con base en las secciones pasadas y los datos mostrados para protecciones, conductores, riesgo de impacto y electrodos se procede a calcular el sistema de puesta a tierra de ahora en adelante como STP. El SPT se realizará con la finalidad de limitar o controlar el voltaje a tierra, dentro de parámetros permisibles, encargándose de transferir la descarga eléctrica a tierra de manera inmediata, con la ayuda de la estructura metálica que soporta a los paneles y conductores que conectan con el electrodo enterrado, para la instalación del electrodo se toma como referencia el tipo de electrodo y la profundidad a la cual irá enterrado, en una superficie donde la humedad tenga el valor más bajo posible, debido a que cualquier anomalía que pueda presentarse pueda tener consecuencias en aumentar el valor del electrodo. Debe señalarse, que la toma a tierra no puede realizarse en canalizaciones que pertenezcan a otro servicio, como gas o agua.

La sección de los conductores se establece en la tabla 5.8, recordando que, los conductores son de 54 mm<sup>2</sup> de sección.

Tabla 5.8: Sección de los conductores de puesta a tierra

Sección de conductores de fase (Sf) en mm <sup>2</sup>	Sección mínima de conductores de protección(Sp) en mm <sup>2</sup>
Sf <16	Sp=Sf
16 <Sf <35	Sp=16
Sf >35	Sp=Sf/2

### 5.11.2. Valores del suelo a considerar

Los factores que más influyen y que afectan en mayor parte a la resistividad del suelo son los siguientes: la naturaleza del terreno, humedad, temperatura, salinidad, disposición de las capas del terreno, etc..

Como se ha mencionado anteriormente, los valores de resistividad del suelo varían de acuerdo con el lugar donde se requiera dicha instalación ya que dependen de factores de la naturaleza del lugar.

A continuación, en la tabla 5.9, se muestran datos de la resistividad de suelos típicos en la república mexicana de diferentes tipos de suelo, los más comunes dentro de nuestro territorio.

Tabla 5.9: Valores de resistividad de suelos típicos en México. Fuente: Propia

<i>Material</i>	<i>Resistividad (ohm-m)</i>
Permafrost	2500 - 4000
Asfalto seco	2*10e6 – 30*10e6
Asfalto mojado	10000 – 6*10e6
Concreto seco	1200-28000
Concreto Mojado	21 - 100
Compuesto GAP seco	0.032
Compuesto GAP con 30 % de agua en masa	0.015

### 5.11.3. Estructura metálica del edificio

Los módulos solares fotovoltaicos disponen en el marco de un orificio específico para su puesta a tierra (generalmente señalado mediante el símbolo de tierra), como se puede ver en la imagen siguiente:

La toma de tierra se realiza a través de conexiones por medio de aquellos orificios en el marco del panel debido a por lo general se indica por el fabricante donde debe de hacerse la puesta tierra, y generalmente se indica con símbolo eléctrico de tierra. Además de esto,



Figura 5.33: Puesta a tierra en una estructura de un SFV.

para asegurar un buen contacto eléctrico, se recomienda utilizar un terminal de conexión de acero inoxidable.

La estructura por proteger tiene las siguientes dimensiones: Para el calculo del área equi-

Tabla 5.10: Dimensiones de la estructura

Dimensiones	Medidas	Observaciones
Altura media	9 m	En la parte más alta
Longitud	18 m	Dimensiones del inmueble
Ancho	15.75 m	Dimensiones del inmueble

valente de captura se calcula para una estructura aislada ubicada en terreno irregular, que se calcula con la ecuación siguiente:

$$A_e = ab + 6h_e(a + b) + 9\pi h_e^2 \quad (5.40)$$

Donde:

- a** longitud de uno de los lados de la estructura, en m.
- b** Ancho de uno de los lados de la estructura, en m.
- $h_e$**  Altura equivalente de la estructura en el terreno irregular, en m.

Sustituyendo los valores:

$$A_e = (18)(15.75) + 6(9)(18 + 15.75) + 9\pi(9^2) \quad (5.41)$$

$$A_e = 4186.87 \text{ m}^2 \quad (5.42)$$

La superficie de captura equivalente, calculada es de 4186.87m<sup>2</sup>.

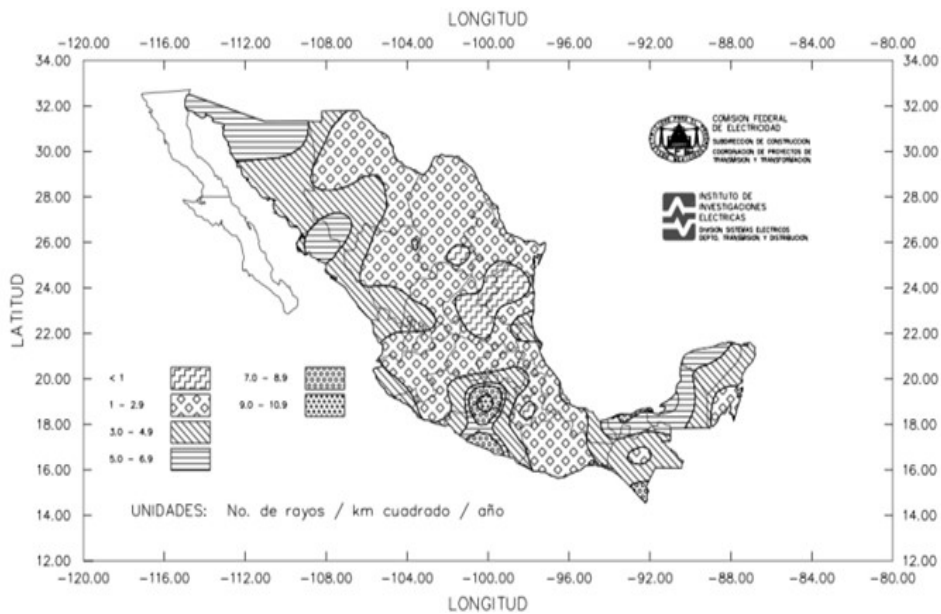


Figura 5.34: Mapa Isoceránico de los Estados Unidos Mexicanos, Fuente: Elektroshagg. [22]

Posteriormente se obtiene la frecuencia de riesgo de impacto, para el valor de  $R_t$  se toma como referencia el mapa isoceránico de rayos a tierra de estado de México, el cual se puede observar en la figura 5.35 calculada con la 6.1, sustituyendo valores:

$$R_e = 4 * 4186.87 * 10^{-6} \quad (5.43)$$

$$R_e = 0.01674 \quad (5.44)$$

Es decir, la frecuencia esperada de rayos por año es de 0.01674 por cada km<sup>2</sup>.

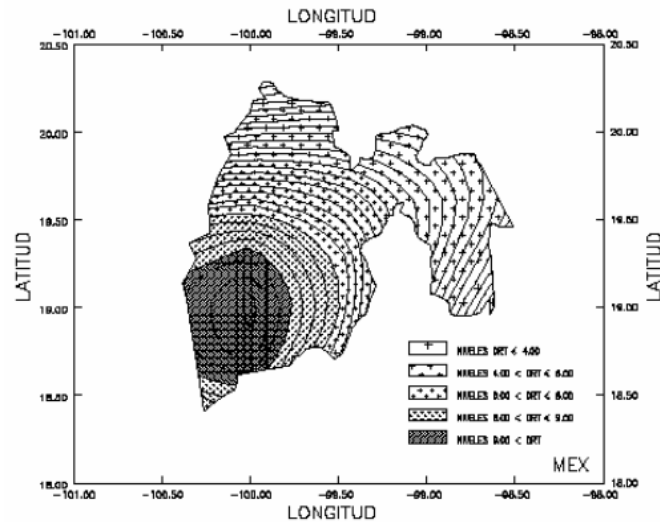


Figura 5.35: Mapa Isoceránico del Estado de México, Fuente: Elektroshagg. [22]

De acuerdo a la norma de protecciones de seguridad, la frecuencia anual media permitida de rayos directos sobre estructuras comunes, el valor de frecuencia para escuelas es de 0.02, por lo cual se encuentra por debajo de lo permitido. Por lo tanto no será necesario un aparta rayos como protección del sistema, y solo será suficiente con la puesta a tierra, sin embargo, debe tenerse en consideración que aunque los cálculos brindan un valor conveniente, sigue existiendo la posibilidad de que algún rayo caiga sobre la estructura.

El nivel de protección para el sistema se diseña en función de lo establecido en la Tabla 2 de la NMX-J-549-ANCE-2015, que establece que el nivel de protección para estructuras comunes tales como escuelas debe ser nivel II, debido a los posibles daños a las instalaciones eléctricas, fallas de dispositivos de control, perdidas de enlaces de comunicación, debido a los efectos de las tormentas eléctricas.

*Nota: La información antes mencionada que se muestra es obtenen de los mapas isoceránicos, los cuales muestran el nivel ceránico de un lugar, que es el número promedio de días al cabo del año en los que hay tormenta. Se considera día con tormenta a aquel en el que al menos se oye un trueno.*

#### 5.11.4. Determinación la resistencia del electrodo a tierra

El valor de la resistencia de tierra se calcula en función de la resistividad del terreno ( $\rho$ ) medida en ohms por metro, la longitud del electrodo o el conductor cuando se trata de un electrodo considerado como 'pica vertical' ( $L$ , medida en metros), o el perímetro cuando se trate de una placa enterrada ( $P$ , medida en metros).

En la tabla 5.11, se muestran las ecuaciones establecidas que son utilizadas para realizar los respectivos cálculos para el electrodo de puesta a tierra.

Tabla 5.11: Tabla de las ecuaciones para el calculo de los electrodos de puesta a tierra

Tipo de electrodo	Fórmula para el calculo:
Placa enterrada	$R=0.8*\rho/P$
Placa vertical	$R=\rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R=2\rho/L$

Donde:

- $\rho$  Resistividad del terreno en ohms por metro
- $L$  Ancho de uno de los lados de la estructura, en m.
- $P$  Altura equivalente de la estructura en el terreno irregular, en m.

Este cálculo del electrodo se determina en detalle a partir del estudio de la ubicación donde será instalada la estación de recarga, por lo cuál los cálculos presentados son una aproximación ya que no se cuenta con las mediciones reales de la resistividad del terreno, se toma como referencia 100  $\Omega$ -m, esto debido de acuerdo con el Apéndice C de la norma NMX-J-549, sin embargo, si el proyecto se pone en marcha es sumamente necesario realizar la medición real para comparar el resultado con los datos teóricos obtenidos.

Para la elección de la varilla de puesta a tierra se tomó en función de la normativa aplicable,

en este caso la NOM-001-SEDE-2018, que indica que la longitud mínima en los electrodos de varilla es de 2.44m, por lo cual se hace una elección del proveedor 'Erico', el modelo '693400MEX', una varilla de medida de 3/4"x 10' de diámetro nominal por longitud, por lo cual, cumple con la normativa y las necesidades del sistema de puesta a tierra, la cual se encuentra en los anexos de este trabajo.

La resistencia de contacto de una varilla está dada por la fórmula:

$$R = \frac{\rho}{2\pi * L} * [\ln(4 * \frac{L}{r}) - 1] \quad (5.45)$$

Sustituyendo:

$$R = \frac{100 \Omega}{2\pi * 3 m} * [\ln(4 * \frac{3m}{0.1905m}) - 1] = 16.674184 \quad (5.46)$$

Los valores tomados para los cálculos fueron los siguientes:

- $L = 3 \text{ m}$
- $r = 3/4" \text{ in} = 0.1905 \text{ m}$
- $\rho = 100 \Omega$

Dando por resultado que la resistencia de la varilla es de 16.67 ohms, con este dato y de acuerdo con la norma, si un electrodo de varilla de puesta a tierra cuenta con una resistencia de 25 ohms o menor, no se necesitará uno adicional. Sin embargo, se espera que la estación de recarga y sus componentes tengan la mayor vida útil posible, se recomienda disminuir la resistencia, esto se puede hacer a través de conectar dos o más electrodos en paralelo, si este fuese el caso, se presentan los ejemplos para 2,3 y 4 electrodos, la elección depende de las necesidades y costos destinados para el proyecto.

Para dos electrodos:

$$R_{2e} = \frac{16.67}{2} = 8.337092 \quad (5.47)$$

Entonces, serían dos electrodos de 3/4"x 10' conectados en paralelo para lograr una resistencia de 8.337092 ohms.

Para tres electrodos:

$$R_{3e} = \frac{16.67}{3} = 5.558061 \quad (5.48)$$

Entonces, serían tres electrodos de 3/4"x 10' conectados en paralelo para lograr una resistencia de 5.558061 ohms.

Para cuatro electrodos:

$$R_{4e} = \frac{16.67}{4} = 4.168546 \quad (5.49)$$

Entonces, serían cuatro electrodos de 3/4"x 10' conectados en paralelo para lograr una resistencia de 4.168546 ohms.

Este arreglo de electrodos de varilla de paralelo debe de ir en su propia canalización y lo mejor para mantener las condiciones del suelo sería el uso de un acondicionador de suelo que pueda favorecer las condiciones del suelo mismo. Lo más conveniente en este caso sería utilizar los 4 electrodos en paralelo para salvaguardar la integridad y el correcto funcionamiento de la estación de recarga.

## 5.12. Mantenimiento de la instalación

Para el mantenimiento en el caso de una instalación fotovoltaica autónoma la limpieza regular de los paneles solares es una tarea importante para mantener el funcionamiento eficiente del sistema. La suciedad y el polvo pueden reducir la cantidad de energía que se puede generar y afectar el rendimiento general del sistema. Se recomienda limpiar los paneles con agua y jabón suave, utilizando una esponja o cepillo suave.

También, la revisión del sistema de carga y el estado de la batería también es importante para asegurar el funcionamiento eficiente de la instalación. La batería debe comprobarse regularmente para asegurarse de que esté cargando y descargando correctamente. También es importante comprobar la tensión y la corriente del sistema para asegurarse de que no



haya pérdidas de energía.

- Limpieza de los módulos: periódicamente debe procederse a la limpieza de cada cara orientada al sol para evitar pérdidas por falta de transparencia, si la capa de suciedad es muy espesa puede producirse un efecto similar al producido por sombras externas lo que lleva a un recalentamiento de las celdas solares, si existen manchas intensas pueden producirse efectos locales análogos, aunque, es difícil dar normas generales en cuanto a la limpieza a falta de otro criterio puede verificarse visualmente el estado de la suciedad y procederse a retirar si es necesario, labor que puede hacer el mismo usuario, no deben utilizarse mangueras a presión para lavar los módulos.
- Inspección visual: Su objetivo es detectar fallos físicos tales como la rotura del cristal, oxidación de circuitos, apriete de tornillos o etapas de sujeción a la estructura, integridad y conservación de la estructura de soporte, pérdida de orientación de los módulos, etcétera.
- Verificación de conexiones y cableado: básicamente consiste en comprobar el apriete y estado de los terminales de los cables de conexión y de las cajas terminales.

Como se menciona anteriormente, para el mantenimiento de las baterías en instalaciones aisladas a la red, dichas baterías o acumuladores tienen una función determinante para su buen funcionamiento y requieren un mantenimiento cuidadoso, que se concreta en las operaciones siguientes:

- Inspección para comprobar que no hay posibilidad de cortocircuitos o fugas de corriente, como por ejemplo, el estado del engrase de los contactos, apriete de los tornillos, objetos caídos sobre las baterías como hojas, estado de la limpieza, etc.
- Comprobación de la ventilación para evitar humedad excesiva y riesgo de explosión por acumulación de gases.
- Revisión y comprobación del estado del del electrolito, tanto de su nivel y su densidad.
- Comprobación de posibles averías y prestaciones tales como sulfatación, tiempo de recarga, tensión, etc.

- Comprobación del equilibrado de carga del banco de baterías. Para la limpieza del regulador e inversor, sobre todo en instalaciones pequeña potencia, que están integrados en un solo aparato, periódicamente deben realizarse las operaciones siguientes:
- Verificar que los indicadores y alarmas funcionan correctamente y que las lecturas de los medidores sí los hay, sean fiables.
- Comprobación que las características de las corrientes de entrada y salida son las nominales del equipo como la tensión corriente potencia pérdidas etc.
- Comprobar el buen estado de las conexiones: apriete de tornillos, presencia de suciedad, presencia de óxido, etc.

Por último, el mantenimiento del cableado y equipo de conexión el cual es análogo a cualquier otra instalación, con la única particularidad que existe una parte importante de la instalación expuesta a las condiciones y agentes atmosféricos, lo que puede conducir a: pérdida de elasticidad del aislante, grietas, ataques de roedores y otros animales, etc.

Para realizar este mantenimiento se propone agregar un nuevo plan de trabajo para servicio social en el área eléctrica con ayuda de los alumnos la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, donde permita a los estudiantes la aplicación practica de los conocimientos adquiridos durante su formación académica, podrá beneficiar a ambas partes, ya que mientras los alumnos adquieren experiencia en su área de estudio, la institución podrá ahorrar costos de la contratación de personal externo para la realización de estas actividades. Dicha propuesta incluye un plan de capacitación y supervisión para asegurar el mantenimiento de una manera segura y efectiva.

### 5.13. Ingeniería de detalle

Con el fin de promover la transición hacia un futuro sostenible, se ha propuesto la construcción de una estación de carga para vehículos eléctricos en el estacionamiento de la FES Cuautitlán Campo IV, es un proyecto innovador que busca promover el uso de energía renovable y reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

En este capítulo de ingeniería de detalle, se presentara el diseño y la implementación de dicha estación.

Se describirán los detalles específicos del diseño, incluyendo los componentes y su distribución, la planificación la infraestructura necesaria y las especificaciones técnicas de la estación de recarga. Así mismo, se presenta el plan de implementación para llevar a cabo la construcción de la instalación.

La finalidad de este proyecto es promover la movilidad sustentable en la sociedad y en la comunidad universitaria, que ofrezca una alternativa eficiente y limpia a los vehículos eléctricos y fomentando el uso de estas energías. En este sentido, este proyecto es una iniciativa importante para contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero y a la conservación del medio ambiente.

### 5.13.1. Diseño conceptual

El diseño conceptual es una etapa crucial en la ingeniería de diseño de cualquier proyecto, este, establece las bases y parámetros que se siguieron en el proceso de diseño de la estación de carga para vehículos eléctricos.

Para la realización del diseño, se consideraron diversos factores, los cuales se en listan a continuación:

- Demanda de carga estimada: Es decir, la cantidad y tipo de vehículos previstos para usar la estación, con lo cual se determinaron la cantidad de puntos de carga requeridos, así como la potencia necesaria para su funcionamiento de cada uno de ellos.
- Capacidad eléctrica: Para ello, y en el caso específico de la instalación de este proyecto, se consideraron las condiciones climatológicas del punto de instalación, así como de la red eléctrica que pueda estar disponible en un futuro si la oferta llega a superar a la demanda o si llega a existir algún problema.



Figura 5.36: Idea conceptual de la estación de carga para vehículos eléctricos

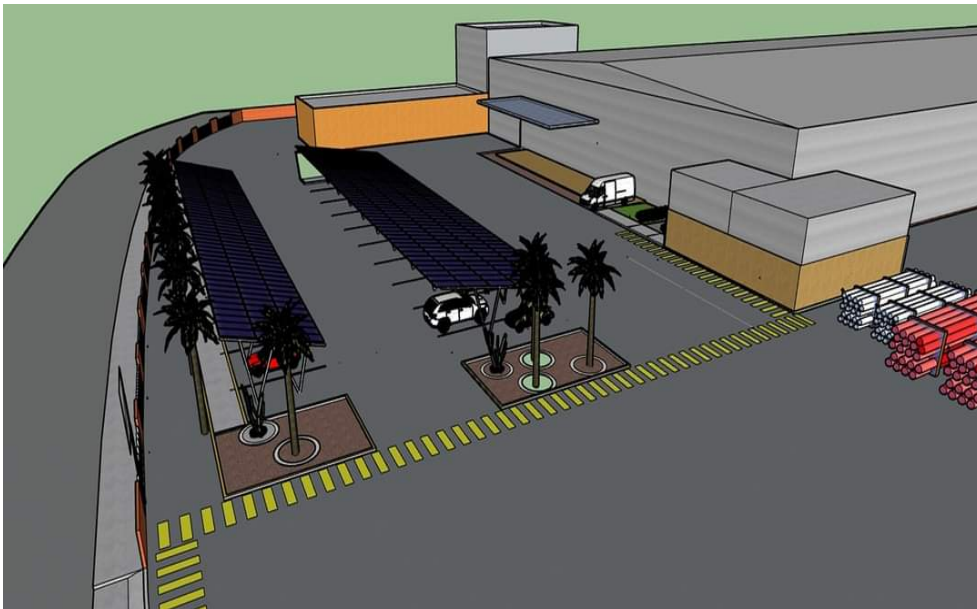


Figura 5.37: Idea conceptual de la estación de carga para vehículos eléctricos

- Espacio de la instalación: Se tomo en consideración el espacio disponible para realizar la instalación del proyecto, considerando factores como accesibilidad y seguridad para los puntos de carga.
- Normativa aplicable: Se verificaron los requerimientos normativos y de seguridad que deben cumplir dichas instalaciones, tales como las normas mexicanas para la



Figura 5.38: Idea conceptual de la estación de carga para vehículos eléctricos

infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, normas de construcción y seguridad de la zona.

- Materiales y componentes: Se evaluaron los distintos tipos de materiales y componentes existentes en el mercado, considerando factores como la durabilidad, eficiencia, mantenimiento y estética del proyecto.

En resumen, se presentan de las ideas principales que se tienen para el proyecto, y cómo se llevarán a cabo. Incluye dibujos, diagramas, gráficos o cualquier otra herramienta que te ayude a describir la solución propuesta. La ingeniería básica es una etapa esencial en el proceso de diseño de cualquier proyecto, ya que establece los fundamentos técnicos que permiten definir los detalles del diseño y la construcción. En el caso específico de la estación de carga para vehículos eléctricos en el estacionamiento de la FES Cuautitlán, la ingeniería básica permitirá establecer los cálculos y especificaciones técnicas necesarias para la realización del diseño.

Para la realización de la ingeniería básica se considerarán diversos factores, tales como la demanda de carga estimada, la capacidad eléctrica disponible, la ubicación de los puntos de carga, los requerimientos normativos y los materiales a utilizar. A continuación, se describen las principales consideraciones para cada uno de estos factores:

**Demanda de carga estimada:** La demanda de carga estimada será utilizada para definir la cantidad y potencia de los puntos de carga, así como para establecer las especificaciones técnicas de los equipos necesarios para la instalación.

**Capacidad eléctrica disponible:** La capacidad eléctrica disponible será utilizada para determinar la capacidad máxima de carga que se podrá instalar, así como para definir los requerimientos de la infraestructura eléctrica necesaria para soportar la carga.

**Ubicación de los puntos de carga:** La ubicación de los puntos de carga será determinada en base a la demanda de carga estimada y las características del espacio disponible. Se considerarán factores como la accesibilidad, la seguridad y la visibilidad de los puntos de carga.

**Requerimientos normativos:** Se verificarán los requerimientos normativos y de seguridad que deben cumplirse para la instalación de la estación de carga, tales como la norma técnica mexicana para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos y las normas de construcción y seguridad de la zona.

**Materiales a utilizar:** Se definirán los materiales y equipos a utilizar en la instalación, considerando factores como la durabilidad, la eficiencia energética, la facilidad de mantenimiento y la estética.

En base a estas consideraciones se desarrollarán los cálculos y especificaciones técnicas necesarias para la instalación de la estación de carga para vehículos eléctricos en el estacionamiento de la FES Cuautitlán. Se definirán aspectos como la capacidad eléctrica de los equipos, el tipo y características de los cables y conectores, los requerimientos de seguridad y protección, y otros aspectos técnicos relevantes para la instalación.

La ingeniería básica será la base para el proceso de ingeniería de detalle y construcción de la estación de carga, permitiendo establecer los detalles específicos del diseño y asegurando que la instalación cumpla con los requisitos técnicos y normativos necesarios para su correcto funcionamiento y seguridad. descripción más detallada de los cálculos, análisis y especificaciones de ingeniería necesarias para el proyecto. En este apartado, se pueden incluir diagramas de flujo, planos, especificaciones técnicas y otra documentación importante para el proyecto.

### 5.13.2. Ingeniería de detalle específica

- **Diseño del sistema solar aislado:** El sistema solar aislado consta de paneles solares fotovoltaicos instalados en la azotea del estacionamiento. Estos paneles captan la energía solar y la convierten en electricidad. La capacidad del sistema solar se dimensionó para satisfacer la demanda de energía necesaria para la carga de los vehículos eléctricos presentes en la FES Cuautitlán Campo IV.
- **Almacenamiento de energía:** La energía generada por los paneles solares se almacena en un banco de baterías. Estas baterías permiten almacenar la energía durante el día para su posterior utilización durante la noche o en días nublados. Se seleccionaron baterías de alta capacidad y ciclo profundo para garantizar un suministro constante y confiable de energía.
- **Sistema de carga para vehículos eléctricos:** La estación de recarga cuenta con varios puntos de carga para vehículos eléctricos. Cada punto de carga está equipado con un conector compatible con los vehículos eléctricos convencionales y una unidad de control. La unidad de control gestiona el flujo de energía hacia el vehículo eléctrico, garantizando una carga segura y eficiente.
- **Monitoreo y control del sistema:** El sistema de la estación de recarga está equipado con un sistema de monitoreo y control centralizado. Este sistema permite supervisar en tiempo real la generación de energía solar, el estado de carga de las baterías, el consumo de energía de los vehículos eléctricos y otros parámetros relevantes. Además, se pueden configurar alarmas y notificaciones para detectar cualquier anomalía o falla en el sistema.
- **Conexión a la red eléctrica:** En caso de que la energía generada por el sistema solar no sea suficiente para cubrir la demanda de carga de los vehículos eléctricos, la estación de recarga está conectada a la red eléctrica convencional como respaldo. Esto garantiza que siempre haya disponibilidad de energía para cargar los vehículos, incluso en situaciones de baja generación solar.

- Beneficios y sostenibilidad: La implementación de esta estación de recarga alimentada por energía solar aislada presenta múltiples beneficios. En primer lugar, reduce la emisión de gases de efecto invernadero al reemplazar la energía proveniente de combustibles fósiles. Además, fomenta el uso de energías renovables y promueve la adopción de vehículos eléctricos en la comunidad universitaria. También contribuye a la reducción de costos a largo plazo al disminuir la dependencia de la red eléctrica convencional.

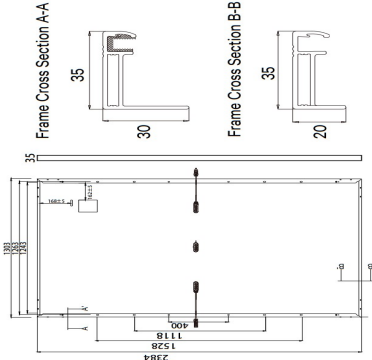
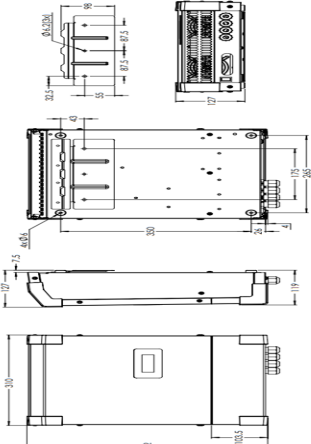
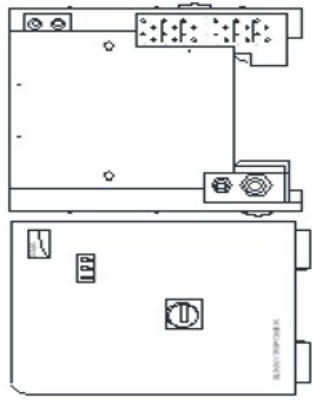
En conclusión, la estación de recarga para vehículos eléctricos alimentada por un sistema solar aislado en el estacionamiento de la FES Cuautitlán Campo IV es un ejemplo de integración exitosa de energías renovables en la infraestructura universitaria. Su funcionamiento eficiente y sostenible demuestra el compromiso de la institución con la transición hacia una movilidad más limpia y respetuosa con el medio ambiente.

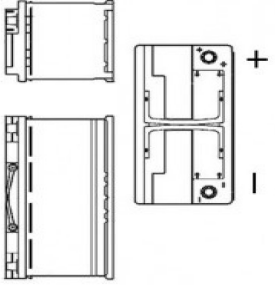
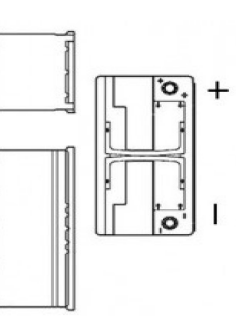
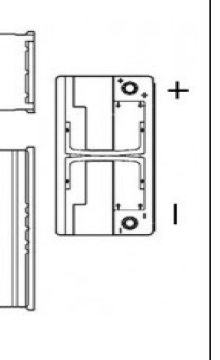
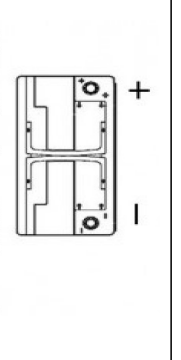
A continuación, se presentarán los componentes clave de la instalación de la estación de recarga para vehículos eléctricos alimentada por un sistema solar aislado en el estacionamiento de la FES Cuautitlán Campo IV, junto con sus respectivos planos, costos, piezas y el costo total del proyecto. Estos detalles permitirán realizar un análisis exhaustivo de los costos asociados en el siguiente capítulo. La información proporcionada será de gran utilidad para comprender la estructura y los elementos involucrados en la implementación de esta innovadora solución de carga para vehículos eléctricos.

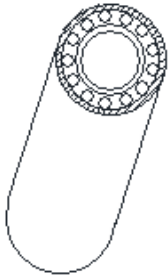
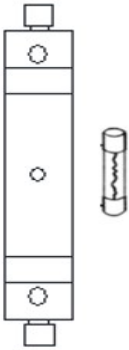

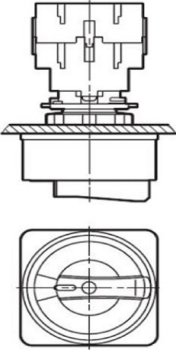
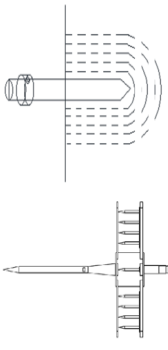
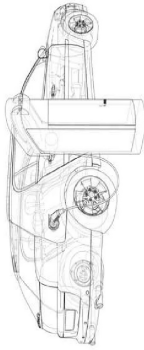
Los datos técnicos específicos de cada componente se muestran en los anexos de este trabajo para mayor información.



Tabla 5.12: Tabla de ingeniería de detalle

Cantidad	Artículo	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	Plano/Imagen
40	Paneles Solares - 'LP210*210-M-66-MH'	Son la principal fuente de energía de la estación de recarga. Los paneles convierten la energía solar en electricidad.	\$4,642.39	\$185,695.60	
1	Regulador de carga - 'MPPT RS SmartSolar' 450 200	Controla el flujo de energía que proviene de los paneles solares hacia las baterías de almacenamiento	\$22,294.94	\$22,294.94	
2	Inversor - 'SUNNY TRIPOWER CORE 1'	Los inversores convierten la corriente continua (DC) generada por los paneles fotovoltaicos en corriente alterna (AC).	\$51,007.48	\$102,014.96	

Cantidad	Artículo	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	Plano/Imagen
10	Baterías LFP48-300(48V300AH)	En algunos casos, se instalan baterías para almacenar el exceso de energía generada por los paneles durante el día.	\$36,437.93	\$364,379.30	
2	Punto de carga - 'SMA EV Charger 22-3AC10'	Proporciona la energía eléctrica de manera segura y eficiente a los vehículos eléctricos.	\$33,873.49	\$67,746.98	
1	Punto de carga 'Conector SMA EV Charger 22-3AC10'	Permite la transferencia segura y eficiente de energía eléctrica desde la estación de carga hacia el VE	(Incluido c/SMA EV Charger 22-3AC10)	(Incluido c/SMA EV Charger 22-3AC10)	
1	Protecciones - Caja Combinadora	Su función es combinar y proteger las conexiones de varios strings o cadenas de paneles solares contra sobretensiones y cortocircuitos y brindar una conexión segura y ordenada.	\$3,914.71	\$3,914.71	

Cantidad	Artículo	Descripción	Costo Unitario	Costo Total	Plano/Imagen
2 (200m)	Cableado - Cable Solar-4 mm2 (12 AWG)	Utilizados para interconectar los componentes del sistema fotovoltaico y otros equipos relacionados.	\$3,449.00	\$6,898.00	
10	Protecciones - Fusible de protección	Proteger el sistema contra corrientes excesivas y cortocircuitos.	\$399.00	\$399.00	
10	Protecciones - Diodo de Bloqueo	Bloquea el flujo inverso de corriente., desde los paneles solares hacia la batería o los dispositivos	\$35.14	\$351.49	
1	Protecciones - Seccionador o desconectador	Aisla y desconecta de manera segura los componentes del sistema fotovoltaico. .	\$5,092.00	\$5,092.00	
1	Protecciones - Puesta a tierra	Proporciona un camino seguro y eficiente para la descarga de corrientes no deseadas hacia la tierra.	\$8,990.00	\$8,990.00	
1	Instalación - Mano de obra	Conjunto de trabajadores o personas involucradas en la ejecución de actividades y tareas necesarias para llevar a cabo dicho proyecto.	\$43,920.00	\$43,920.00	
-	-	-	TOTAL:	\$1,052,710.74	-

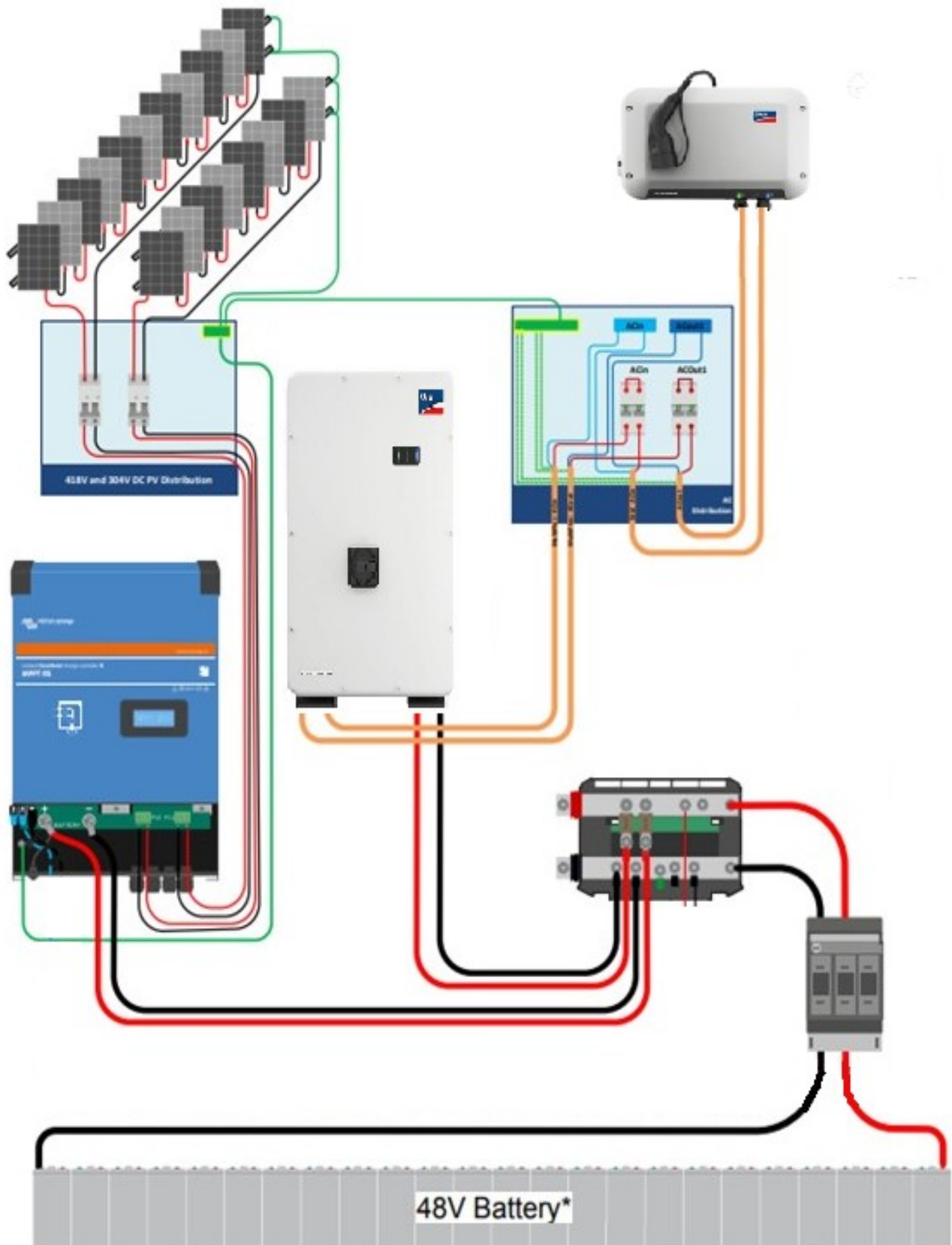


Figura 5.39: Esquema instalación eléctrica de la estación de carga para vehículos eléctricos

### 5.13.3. Plan de implementación

La implementación de una estación de carga para vehículos eléctricos requiere de un plan de implementación cuidadosamente diseñado y ejecutado. Con la estrategia adecuada, se puede garantizar el correcto funcionamiento de la estación de carga y la satisfacción de los usuarios que la utilizaran:

El plan de implementación para la estación de carga de vehículos eléctricos en el estacionamiento de la FES Cuautitlán considera los siguientes puntos:

- **Análisis del sitio y elección de la ubicación adecuada:** El primer paso para implementar una estación de carga para vehículos eléctricos en el estacionamiento de la FES Cuautitlán es analizar el sitio y seleccionar la ubicación adecuada para la estación de carga. Para ello, se debe considerar la accesibilidad, la cantidad de vehículos que utilizarán la estación, el tipo de conexión requerida, la capacidad eléctrica disponible en la zona, entre otros aspectos.
- **Diseño y adquisición de la estación de carga:** Una vez elegida la ubicación adecuada, se debe proceder a diseñar y adquirir la estación de carga para vehículos eléctricos. La estación de carga debe ser capaz de proporcionar la cantidad de energía eléctrica necesaria para cargar los vehículos de manera eficiente y segura. Además, se debe seleccionar una estación de carga que cumpla con las normas y regulaciones locales para garantizar la seguridad de los usuarios.
- **Instalación de la infraestructura necesaria:** La instalación de la estación de carga para vehículos eléctricos requiere de la infraestructura adecuada, como la instalación de puntos de conexión eléctrica, la implementación de señalización para la ubicación de la estación de carga y la implementación de un sistema de monitoreo y gestión de carga.
- **Capacitación y educación de los usuarios:** Es importante que los usuarios estén capacitados y educados en el uso de la estación de carga para vehículos eléctricos. Se debe

proporcionar información clara y concisa sobre cómo utilizar la estación de carga y cómo se deben seguir los procedimientos de seguridad.

- Pruebas y puesta en marcha: Una vez que se ha instalado la infraestructura necesaria y se ha capacitado a los usuarios, es necesario realizar pruebas y puesta en marcha de la estación de carga para vehículos eléctricos. Durante esta fase, se debe asegurar que la estación de carga funcione correctamente y que los usuarios puedan utilizarla de manera eficiente y segura.
- Monitoreo y mantenimiento: La estación de carga para vehículos eléctricos debe ser monitoreada regularmente para garantizar su correcto funcionamiento. Además, se deben realizar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar la seguridad de los usuarios y prolongar la vida útil de la estación de carga

#### 5.13.4. Análisis de Costos

El análisis de costos es una actividad fundamental en cualquier proyecto de ingeniería, el cual permite determinar los recursos financieros necesarios para llevarlo a cabo. La identificación y correcta evaluación de los costos de cada uno de los componentes son aspectos a resaltar al evaluar los costos. Para lograr este objetivo, las fuentes de consulta fueron paginas web de proveedores, y en algunas ocasiones, contacto directo con un asesor de alguna empresa del rubro, solicitando los costos de los componentes para el proyecto.

En el caso de este proyecto de diseño, únicamente se enfoca directamente en la evaluación de los costos del material para su instalación y mano de obra, para ello, se revisaron diferentes paginas de proveedores especializados en los componentes requeridos, también se solicitaron cotizaciones para tener una visión más amplia y precisa de los costos.

Es importante tener en cuenta, que el análisis de costos es bastante complejo, ya que se ve afectado por factores externos que pueden influir en los precios reales de las partes de la instalación, como la variación de precios de los componentes, costos de transporte, inflación, impuestos, etc... Por lo tanto, para implementar este proyecto en la vida real

es necesario realizar un análisis detallado y riguroso que permita identificar y considerar estos factores.

En definitiva, aunque el análisis de costos puede ser complejo, es una herramienta útil para la toma de decisiones y garantizar el éxito del proyecto.

## 5.14. Normativa y estándares aplicables:

A continuación, se enlistan las normas utilizadas como referencia para la realización de este diseño.

Se han tomado en consideración normas y estándares internacionales y nacionales, con el objetivo de asegurar la calidad, seguridad y cumplimiento de los requisitos aplicables. Al seguir estas normas reconocidas, se busca garantizar la compatibilidad y confiabilidad del diseño, alineándolo con las mejores prácticas establecidas a nivel global y local.

- NOM-008-SCFI-1993 [32] - Sistema General de Unidades de Medida
- NOM-022-STPS-1999 [33] - Electricidad estática en los centros de trabajo.
- NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal
- NOM-001-SEDE-2018 [8] - Instalaciones Eléctricas
- NMX-ES-002-NORMEX Energía Solar - Términos y definiciones.
- NMX-J-549-ANCE-2005 - Sistemas de protección contra tormentas eléctricas.
- NMX-J-643/1-ANCE-2011, Dispositivos fotovoltaicos – Parte 1: Medición de la característica corriente-tensión de los dispositivos fotovoltaicos.
- NMX-J-655/1-ANCE-2012 - Desempeño y eficiencia en sistemas fotovoltaicos.
- NMX-J-668/1-ANCE-2013 - Sistemas de protección personal para circuitos de alimentación - Parte 1: Requisitos generales

- NMX-J-668/2-ANCE-2013 - Sistemas de protección personal para circuitos de alimentación - Parte 2: Requisitos particulares para dispositivos de protección para utilizarse en sistemas de carga.
- NMX-J-677-ANCE-2020 - Equipos de alimentación.
- NMX-J-678-ANCE-2020 - Clavijas, receptáculos y acopladores.
- NMX-J-684/1-ANCE-2013 - Sistemas para carga no inductiva de vehículos eléctricos.
- NMX-J-684/21-ANCE-2014, Vehículos eléctricos - Sistemas para carga no inductiva de vehículos eléctricos - Parte 21: Requisitos del vehículo eléctrico para conexión no inductiva a una red de alimentación en corriente alterna/corriente continua
- NMX-J-684/22-ANCE-2014 - Sistemas para carga no inductiva de vehículos eléctricos - Parte 22: Estación de carga en corriente alterna para vehículos eléctricos
- NFPA-780 [35] - Lightning Protection Systems
- UNE-21186 [36] - Protección de estructuras - edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado.
- IEC 62305-1 [37] - Protection Against Lightning
- NOM-029-STPS-2011 - Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad

Como se puede observar, son bastantes las normativas que rigen el uso de las protecciones para las instalaciones fotovoltaicas, cargadores eléctricos, conectores eléctricos, sin embargo, existen regulaciones y especificaciones de organismos gubernamentales, como la especificación 'CFE V7100-19' que regulan a las baterías de sistemas de control comunicación, alimentación, pero no aplican para todos los tipos de estaciones de carga, pero no aplican debido a que son dirigidas servicio exterior y el campo de aplicación solo aplica para de uso interior, en ambiente controlado. Es decir, de cada norma delimita a los productos que entran en la normativa.



# Capítulo 6

## Resultados y Conclusión

### 6.1. Resultados

En un futuro, las estaciones de gasolina se convertirán en estaciones de recarga para vehículos eléctricos.

Esto se debe a los grandes avances que se han tenido con respecto a la electromovilidad, las principales cualidades que presenta son que los vehículos son eléctricos o híbridos, silenciosos, ayudan a reducir contaminantes, ayudan a mejorar la calidad de viajes, entre otros.

En la primera parte queda claro los conceptos fundamentales para conocer el funcionamiento de una estación de recarga para vehículos eléctricos, como lo son sus clasificaciones, los modos de recarga, es decir, si trabajan con corriente alterna o corriente directa, los tipos de recarga desde el tipo 'lenta' hasta la recarga del tipo 'ultra-rápida', sus principales características eléctricas, como voltaje, corriente, frecuencia, potencia, además de los factores que pudieran influir durante el proceso de recarga.

Posteriormente, se explica los componentes de la estación detalladamente, los distintos datos a tomar en cuenta para el dimensionamiento, como las horas solares pico, valores de radiación e irradiancia, valores eléctricos, y las fórmulas que se usaron para poder diseñar

la estación correctamente. Con esta información, el lector podrá entender como se diseñó la estación de recarga que se describe en el capítulo cinco.

Conforme a este capítulo, se considera que se alcanzó el objetivo general de la tesis, donde se diseñó una estación de recarga autónoma o de tipo isla con respaldo de baterías o acumuladores para el uso de la comunidad.

De acuerdo al diseño de la estación se pudo analizar que la estación podrá satisfacer la demanda propuesta sin ningún inconveniente, y la cual se propone con elementos híbridos, es decir, que podrían conectarse a la red en un futuro cuando se requiera por que la demanda crezca.

También se considera que se alcanzaron los objetivos particulares como, considerar las normas nacionales e internacionales para el correcto funcionamiento, el diseño de un sistema de puesta a tierra para protección de la instalación, además de comparar las estrategias utilizadas entre los países mas avanzados en este sector para poder ser influenciados por ellos y así poder optar por aquellos planes que introducen a la población en general a poder utilizar de las energías limpias.

## 6.2. Conclusión

Al finalizar el dimensionamiento de la instalación para la estación de recarga de vehículos eléctricos, se puede concluir lo siguiente:

- Se cumplieron con los objetivos marcados desde un inicio del proyecto.
- Dependiendo de los requerimientos de la estación, se puede cambiar la potencia de los paneles, el tipo de ellos, y la cantidad.
- Los cálculos empleados para el diseño de la estación son los correctos.
- Referente a las expresiones matemáticas utilizadas fueron obtenidas a base de investigación teórica y documental, donde puede o no, se tome otro camino para hacer

algunos cálculos, sin embargo se espera llegar a un número aproximado o igual en cuanto al dimensionamiento.

- Debido a que se aprovechan los recursos dentro de la facultad, como la autonomía, son claves a la hora de la instalación ya que por ser un terreno y el diseño de la estación autonomía no se ve en la necesidad de realizar trámites ante instituciones gubernamentales, más sin embargo, se toma en cuenta la normativa vigente al día de hoy para la instalación y dimensionamiento de la estación de recarga.
- La tecnología de un SFV a la fecha ya está muy avanzada, por lo que con el paso del tiempo y los avances tecnológicos existe la posibilidad de reducir el tamaño de la instalación, aunque ya se han creado paneles de 650 y 700 no se opta por ellos ya que aun no se comercializan y su costo es bastante alto en comparación con los existentes en el mercado actualmente.
- Con la instalación de este sistema fotovoltaico para la alimentación de la estación de recarga se beneficia al medio ambiente y a la sociedad en general, ya que es tecnología libre de emisiones y que en un mediano-largo plazo dará frutos en cuanto a la reducción de gases contaminantes.
- El auto-consumo de energía fotovoltaica puede llegar a disminuir el consumo y gasto de energía eléctrica suministrada por CFE hasta en un 40 %.
- Con la implementación del proyecto puede ayudar a la comunidad universitaria a incentivar en cambiar la forma en la que se transporta, ayudando con infraestructura y haciendo consciencia de los beneficios de la utilización de paneles solares para el consumo de energía eléctrica.

Aun existe mucho por hacer en cuanto a la movilidad eléctrica se refiere, aún faltan avances tecnológicos que puedan volver a revolucionar la forma en la que nos transportamos, sin embargo, mientras eso sucede, este diseño de estación puede permitir a futuras generaciones comprender la forma de funcionamiento y generación de energía para un vehículo que en años futuros, se encontrará masivamente en cualquier lugar del mundo, haciendo referencia a los inmensos beneficios que traen las nuevas tecnologías innovadoras.

# Índice de tablas

3.1	Características eléctricas de los modos de carga . . . . .	37
3.2	Características de los modos de carga . . . . .	37
4.1	Tabla de ecuaciones para obtener parámetros e los paneles conectados en serie. . . . .	49
4.2	Ecuaciones para obtener los parámetros en paneles conectados en paralelo.	50
4.3	Conductores, tamaño en mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil) Fuente:Tabla 250-05 de NOM-001-SEDE-2018. . . . .	69
5.1	HSP obtenidas en promedio por mes en Ciudad de México y Estado de México. Fuente: POWER (NASA) . . . . .	72
5.2	Valores de HSP y Potencia obtenidas en el año. Fuente(s): POWER (NASA), Propia. . . . .	74
5.3	Principales características del panel elegido para la instalación . . . . .	75
5.4	Horario de carga de VE . . . . .	77
5.5	Especificaciones técnicas para batería 'LFP48-300(48V300AH)'. Fuente: [2]	83
5.6	Especificaciones técnicas del Isolated SmartSolar MPPT RS 450   200 . . .	88
5.7	Especificaciones técnicas del inversor Sunny Tripower CORE 1 . . . . .	91
5.8	Sección de los conductores de puesta a tierra . . . . .	107
5.9	Valores de resistividad de suelos típicos en México. Fuente: Propia . . . . .	108
5.10	Dimensiones de la estructura . . . . .	109
5.11	Tabla de las ecuaciones para el calculo de los electrodos de puesta a tierra .	112
5.12	Tabla de ingeniería de detalle . . . . .	123

# Índice de figuras

3.1	Estación de carga para VE, Centro Histórico de la Ciudad de México. . . .	21
3.2	Cargador Tipo Poste en estación de carga, Sanborn's Villa de Cortes, Ciudad de México. . . . .	22
3.3	Cargador Tipo Pared en estación de carga, Ciudad de México. . . . .	23
3.4	Conector Shuko . . . . .	25
3.5	Conector SAE J1772 . . . . .	26
3.6	Conector Mennekes . . . . .	27
3.7	Conector Único Combinado (CCS) . . . . .	27
3.8	Conector Scame . . . . .	28
3.9	Conector CHAdeMO . . . . .	28
3.10	Modo 1 . . . . .	32
3.11	Modo 2 . . . . .	32
3.12	Modo 3 . . . . .	32
3.13	Modo 4 . . . . .	32
3.14	Conexión A . . . . .	33
3.15	Conexión B . . . . .	33
3.16	Conexión C . . . . .	34
3.17	Gráfica de una onda senoidal con distorsión armónica . . . . .	35
4.1	Tipos de radiación . . . . .	41
4.2	Variación de las HSP a lo largo del día. Fuente:Luis Jutglar, Generación de energía fotovoltaica. . . . .	43
4.3	En la figura se muestran los principales tipos de paneles, Monocristalinos, Policristalinos y Amorfos . . . . .	48

4.4	Los parámetros mas importantes a considerar se muestran en la gráfica. . .	51
4.5	Circuito equivalente a un panel solar. . . . .	52
5.1	Croquis de las instalaciones de la Fes Cuautitlán. . . . .	70
5.2	Lateral izquierda . . . . .	71
5.3	Lateral derecha . . . . .	71
5.4	Parte trasera . . . . .	71
5.5	Parte frontal . . . . .	71
5.6	Estacionamiento LIME 3 . . . . .	72
5.7	Estacionamiento LIME 4 . . . . .	72
5.8	Mapa de irradiación solar total, Fuente: Solargis . . . . .	73
5.9	Mapa de irradiación normal directa, Fuente: Solargis . . . . .	73
5.10	Panel Solar Monocristalino de la Marca:LEAPTON SOLAR, Modelo: 'LP210*210-M-66-MH' de 665 W. . . . .	75
5.11	Imagen de batería elegida . . . . .	83
5.12	Curva ciclo de vida . . . . .	83
5.13	Isolated SmartSolar MPPT RS 450   200. Fuente: Victron Energy . . . . .	88
5.14	Inversor Sunny Tripower Sunny Tripower CORE 1 Smart Energy Fuente: SMA . . . . .	90
5.15	Curva de eficiencia del inversor Sunny Tripower CORE 1. Fuente:SMA . .	91
5.16	Diagrama de bloques del inversor Sunny Tripower CORE 1. Fuente:SMA .	91
5.17	SMA EV Charger 22 Fuente:SMA . . . . .	92
5.18	Especificaciones generales del SMA EV Charger 7.4/22. (Recarga de VE, Catalogo, SMA) . . . . .	93
5.19	Diagrama de bloques de la instalación . . . . .	94
5.20	Comparación Puntos de Carga VE . . . . .	94
5.21	Interfaz Smart Connected de SMA. Fuente: SMA . . . . .	96
5.22	Interfaz Smart Connected de SMA. Fuente: SMA . . . . .	96
5.23	Interfaz Smart Connected de SMA. Fuente: SMA . . . . .	96
5.24	Integrated Box 3 Strings. Fuente: SOLAREVER México. . . . .	97

5.25 Fusible de protección . . . . . 98

5.26 Diodo de Bloqueo . . . . . 98

5.27 Seccionador o desconectador . . . . . 98

5.28 Pararrayos en SFV. . . . . 99

5.29 Esquema de barra de tierras. Fuente: Sistemas Fotovoltaicos (Libro) . . . . 99

5.30 Partes que constituyen a un conector MC4. Fuente: Blog CCEEA . . . . . 102

5.31 Llave MC4, conector macho(arriba) y conector hembra (abajo), conector para MC4. Fuente:Hissuma Materiales . . . . . 102

5.32 Características del cable PV para la instalación . . . . . 104

5.33 Puesta a tierra en una estructura de un SFV. . . . . 109

5.34 Mapa Isocerámico de los Estados Unidos Mexicanos, Fuente: Elektroshagg. [22] . . . . . 110

5.35 Mapa Isocerámico del Estado de México, Fuente: Elektroshagg. [22] . . . . 111

5.36 Idea conceptual de la estación de carga para vehículos eléctricos . . . . . 118

5.37 Idea conceptual de la estación de carga para vehículos eléctricos . . . . . 118

5.38 Idea conceptual de la estación de carga para vehículos eléctricos . . . . . 119

5.39 Esquema instalación eléctrica de la estación de carga para vehículos eléctricos126

# Bibliografía

- [1] Mehdi Etezadi-Amoli, Kent Choma, Jason Stefani, «Rapid-Charge Electric-Vehicle Stations».
- [2] F. Habitec y M. Curie, «Centro de Tecnologías, Energías y Construcción para el hábitat.», p. 92.
- [3] José Alfonso Alonso Lorenzo, «Cálculo sección de cable para paneles solares». Publicado en: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/>
- [4] «Artículo: Más de la mitad de la población vive en áreas urbanas y seguirá creciendo». <https://www.un.org/es/desa/world-urbanization-prospects-2014>
- [5] Lluís Jutglar, «Generación de energía solar fotovoltaica», p. 3, 16, 37.
- [6] B. Guiracocha y H. Paúl, «Análisis y diseño de la instalación eléctrica de una electro-  
linera en la ciudad de Cuenca», p. 157.
- [7] Faen, «Recarga del vehículo eléctrico». Publicado en: [https://www.faen.es/batterie/Recarga\\_vehiculo\\_electrico.pdf](https://www.faen.es/batterie/Recarga_vehiculo_electrico.pdf).
- [8] Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, «Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2018, Instalaciones Eléctricas (UTILIZACION)».
- [9] PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, «DIRECTIVA 2014/94/UE de 22 de octubre de 2014 - relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos»



- [10] NATIONAL STANDARD OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, «Electric Vehicle Conductive Charging System – Part 1: General Requirements»  
<https://www.chinesestandard.net/PDFExample/GBT18487.1-2015EN.pdf>
- [11] Fener, CAIDA, «Guía del Vehículo Eléctrico», Publicado en:  
<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-del-Vehiculo-Elctrico-II-fenercom-2015.pdf>
- [12] Pareja Aparicio, Miguel, «Energía Solar, cálculo de una instalación aislada». Publicado en: <https://www-digitaliapublishing-com.pbidi.unam.mx:2443/visor/17223>
- [13] Comisión Federal de Electricidad (CFE), «Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico» Publicado en:  
<https://www.cfe.mx/paese/serviciospaese/Pages/electrolinieras.aspx>
- [14] Schneider Electric España, «Guía de diseño de instalaciones eléctricas: (según normas internacionales CEI.)», Barcelona, 2008.
- [15] O. P. Lamigueiro, «Sistemas Fotovoltaicos Autónomos - Conceptos Generales y Componentes», p. 52.
- [16] SotySolar, «Inversores solares», Publicado en: <https://sotysolar.es/blog/que-son-los-inversores-fotovoltaicos>
- [17] WALLBOXOK, «Manual de Control Dinámico de Potencia (PDF)», Disponible en: <https://www.recargacocheselectricos.com/wp-content/uploads/MANUAL-CONTROL-DINAMICO-DE-POTENCIA-3.pdf>
- [18] U.S. Department of Energy, «Plug-In Electric Vehicle Handbook for Public Charging Station Hosts», Publicado en: <https://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51227.pdf>
- [19] Asunción, Enric, «WallBox Press Dossier 2021», Publicado en:  
[https://wallbox.com/media/pressroom/WallBox\\_PressDossier\\_2021\\_AAFF\\_ES.pdf](https://wallbox.com/media/pressroom/WallBox_PressDossier_2021_AAFF_ES.pdf)

- [20] E.R.S. «Proceso para recargar el coche eléctrico en el punto de carga», Publicado en: <https://www.factorenergia.com/es/blog/movilidad-electrica/como-se-carga-un-coche-electrico-en-un-punto-de-recarga-factorenergia/>
- [21] Comités Técnicos de Normalización de la Asociación Española de Normalización, «Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 1: Requisitos generales.», Consultado en: <https://www.inteco.org/shop/inte-iec-61851-1-2019-sistema-conductivo-de-carga-para-vehiculos-electricos-parte-1-requisitos-generales-3534>
- [22] Elektroshagg, Nivel isocerámico de México. <https://vdocuments.mx/nivel-isoceraunico-de-mexico.html?page=17>
- [23] LugEnergy, «Postes de Recarga para Vehículos Eléctricos», Publicado en: <https://www.lugenergy.com/puntos-de-recarga/postes>
- [24] TE Connectivity, «IEC 62196 Electric Vehicle Charge Connector Assembly (Type 2 for Mode 2 and 3) », Disponible en: <https://www.dalroad.com/wp-content/uploads/2016/08/Type-II-connector-product-spec.pdf>.
- [25] J. V. A. R. Laverde y D. A. T. Ramírez, «Desarrollo de estación de carga de vehículos eléctricos», Lámpsakos, n.o 19, pp. 22-29.
- [26] Díez Gonzalez, Patricia, «Principios básicos del vehículo eléctrico», Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/222807924.pdf>
- [27] D. Sarmiento y D. Andrés, «Determinación de la autonomía del vehículo eléctrico mediante ciclos controlados», p. 71.
- [28] Comisión Electrotécnica Internacional, «Proyectos, instalación y mantenimiento de infraestructuras de recarga para vehículos eléctricos», Disponible en: <https://www.myrecarga.es/normalizacion-sistema-de-recarga/>
- [29] NFPA, «National Electrical Code® (NEC®), 2023 edition.» <https://catalog.nfpa.org/NFPA-70-National-Electrical-Code-NEC-Softbound-P1194.aspx?icid=D729>

- [30] Cenelec, «Electrical insulation systems - Procedures for thermal evaluation Part 1: General requirements - Low-voltage», Disponible en: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/12257/650e773572214780865530ce50259d21/SIST-EN-61857-1-2001.pdf>
- [31] Universidad Nacional Autónoma de México «Capítulo 2, El potencial de la radiación solar», Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/277/A5.pdf>
- [32] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial «Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-1993, Sistema General de Unidades de Medida.»
- [33] Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Norma Oficial Mexicana «NOM-022-STPS-1999, Electricidad Estática en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad e higiene.»
- [34] Asociación de Normalización y Certificación A.C., «NMX-J-549-ANCE-2005, Sistemas de protección contra tormentas eléctricas - Especificaciones, materiales y métodos de medición, 2005.»
- [35] National Fire Protection Association, «Standard for the Installation of Lightning Protection Systems, 2020». Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=780>
- [36] Comité Técnico AEN/CTN 20-21 Electrotécnico, «Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado», Junio 1996. Disponible en: <https://www.navagestion.es/wp-content/uploads/2018/02/UNE-21186-1996.pdf>
- [37] International Electrotechnical Commission, «IEC 62305-1 Protection Against Lightning», Disponible en: <https://webstore.iec.ch/publication/6793>
- [38] Prediction of Worldwide of Energy Resources, Disponible en <https://power.larc.nasa.gov>

- [39] Canadian Solar. Disponible en <https://www.csisolar.com/la/module/>
- [40] EXEL Solar. Disponible en <https://xlstore.exelsolar.com/Producto/Index?Categoria=paneles-solares>
- [41] SunGrow. Disponible en: <https://mx.sungrowpower.com/ProductsHome/0>
- [42] ET Solar. Disponible en: <https://www.etsolar.com/academics>
- [43] ZNSHine Solar. Disponible en <https://www.znshinesolar.com/products/>
- [44] Solarever. Disponible en <https://solarever.com.mx/categoria/paneles/>

# Apéndice A

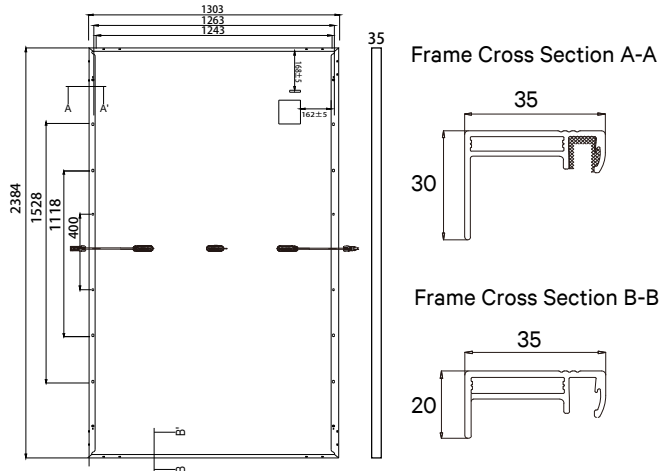
## Información técnica de los componentes de la instalación

A continuación se presenta un apéndice que contiene las fichas técnicas de los componentes utilizados en el diseño de la estación de carga autónoma para vehículos eléctricos.

Las hojas de datos de los componentes mostrados a continuación, son:

- Panel Solar LEAPTON LP210\*210-M-66-MH
- Battery ECO-LFP48-300 (48V300AH)
- 'Isolated SmartSolar MPPT RS 450 | 200
- Sunny Tripower Core 1 STP 50-40
- SMA EV CHARGER 7.4/22
- Electrodo o varillas para tierra NVENT

## MECHANICAL DIAGRAMS



## SPECIFICATIONS

Weight	34kg
Dimensions	2384mm*1303mm*35mm
Cell Dimensions	210*210mm
Cell Amount	66*2 pcs
Maximum System Voltage	1500V
Junction Box	IP68
Frame	Aluminum Alloy
Cable	4mm <sup>2</sup> , N 320mm/P 320mm or customized length
Connector	MC4 compatible
Application Level	Class A

## ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

	650W	655W	660W	665W	670W
Power	650W	655W	660W	665W	670W
Open Circuit Voltage	45.58V	45.78V	45.98V	46.18V	46.38V
Short Circuit Current	18.16A	18.21A	18.26A	18.31A	18.36A
Maximum Power Voltage	37.61V	37.81V	38.01V	38.21V	38.41V
Maximum Power Current	17.28A	17.32A	17.36A	17.40A	17.44A
Module Efficiency	20.92%	21.09%	21.25%	21.41%	21.57%

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

## ELECTRICAL PARAMETERS AT NMOT

	491W	495W	499W	503W	507W
Power	491W	495W	499W	503W	507W
Open Circuit Voltage	42.30V	42.48V	42.67V	42.86V	43.04V
Short Circuit Current	14.89A	14.93A	14.97A	15.01A	15.06A
Maximum Power Voltage	34.86V	35.05V	35.24V	35.42V	35.61V
Maximum Power Current	14.09A	14.13A	14.16A	14.19A	14.23A
Module Efficiency	15.82%	15.94%	16.06%	16.18%	16.32%

\* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

## TEMPERATURE CHARACTERISTICS

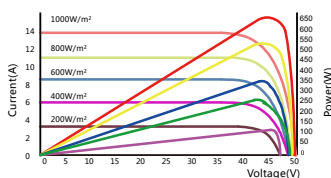
NMOT	41±3°C	Temp Coefficient of ISC	+0.04%/°C
Temp Coefficient of VOC	-0.25%/°C	Temp Coefficient of Pmax	-0.34%/°C

## PACKING CONFIGURATION

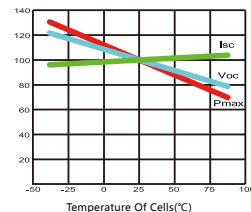
Modules/Pallet	31 Pieces	Modules/40'Container	558 Pieces
Packing Description	18 Pallets, Total=31x18=558 Pieces		

## CHARACTERISTICS

LP210\*210-M-66-MH-650W



LP210\*210-M-66-MH-650W



## MAXIMUM RATING

Output Tolerance	0~+5W
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Wind Load/Snow Load	2400pa/5400pa
Fuse Current	30A

15 YEARS Quality Warranty

25 YEARS Power Warranty

Headquarter : Leapton Energy Co., Ltd.

📍 Tosei Bldg. 6F, 1-2-1 Aiou-cho, Chuo-ku Kobe-shi, Hyogo, 650-0025, Japan

☎ +81-78-382-3182

🌐 www.leaptonenergy.jp

Manufacturer : Leapton Solar (Changshu) Co., Ltd.

📍 No.9, Sunshine Avenue, Changshu City, Jiangsu, China

☎ +86-512-88800068

✉ info@leaptonenergy.com

🌐 www.leaptonpv.com

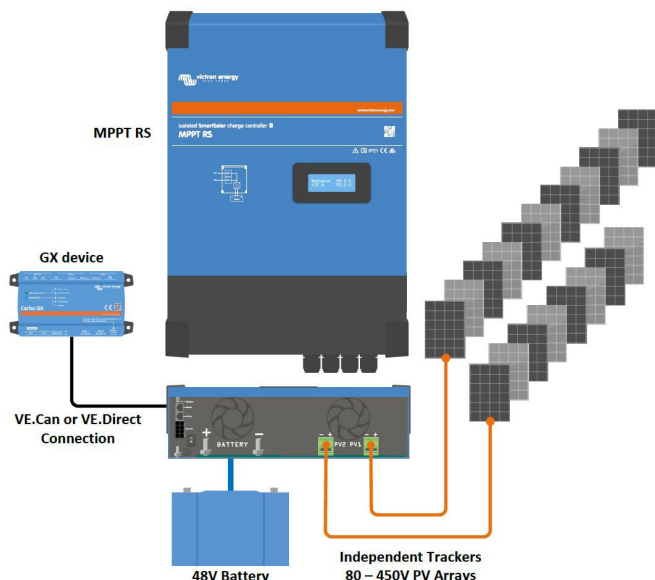
# ECO-LFP48-300 (48V300AH)



## Model

## LFP48-300(48V300AH)

Electrical Characteristics	Nominal Values
Nominal Voltage	48V
Nominal Capacity	300Ah (C5,25°C)
Energy	14400Wh
Internal Resistance	≤500mΩ
Cycle Life	>5000 cycles @0.2C 80%DOD
Months Self Discharge	<3%
Efficiency of Charge	100% @0.2C
Efficiency of Discharge	96~99% @1C
<b>Standard Charge</b>	
Charge voltage	54.8±0.2V
Charge Mode	0.2C to 54.8V, then 54.8, charge current 0.02C(CC/CV)
Charger Current	60A
Max Charge current	150A
Charge Cut-off Voltage	55.5V±0.2V
<b>Standard Discharge</b>	
Continuous Current	100A
Max. Pulse Current	500A (<3s)
Discharge cut-off Voltage	37.5V
<b>Environmental</b>	
Charge Temperature	0 °C to 45 °C (32F to 113F) @60±25% Relative Humidity
Discharge Temperature	-20 °C to 60 °C (-4F to 140F) @60±25% Relative Humidity
Storage Temperature	0 °C to 40 °C (32F to 104F) @60±25% Relative Humidity
Water Dust Resistance	
<b>Mechanical</b>	
Cell & Method	10213245-3.2V50AH-15S6P
Plastic Case	6U standard case
Dimensions (in./mm.)	482*570*270 mm
Weight (lbs./kg.)	107Kg (Approx.)
Terminal	100A through terminal
Protocol (optional)	RS485/CAN
BMS	15S100A

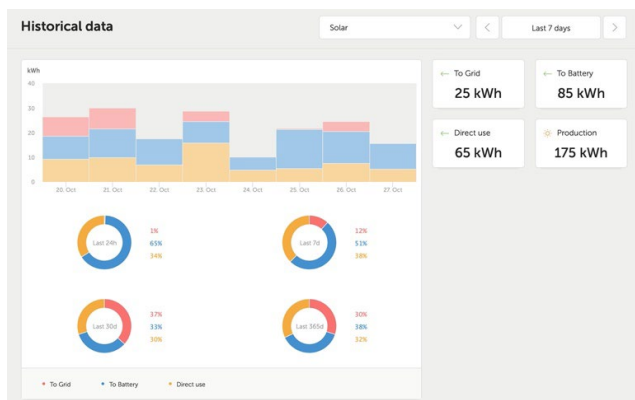
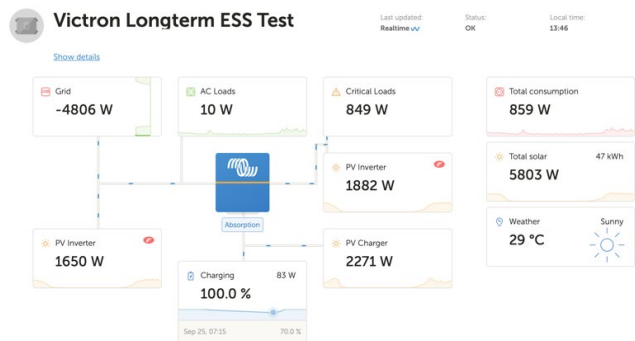


### System example diagram

The 100 A MPPT RS combined with a GX device, charging a 48 V battery with 2 separate solar PV strings.

### VRM Portal

When the MPPT RS is connected to a GX device with internet connection, or the GlobalLink 520 with built in 4G connectivity, you can access our free remote monitoring website (VRM). This will display all your system data in a comprehensive graphical format. Alarms can be received by e-mail.



Isolated SmartSolar MPPT RS	450 100	450 200
<b>CHARGER</b>		
Battery voltage	48 V	
Rated charge current	100 A	200 A
Maximum charge power	5,8 kW at 57,6 V	11,5 kW at 57,6 V
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 57,6 V (adjustable)	
Charge voltage 'float'	Default setting: 55,2 V (adjustable)	
Programmable voltage range	Minimum: 36 V Maximum: 60 V <sup>(7)</sup>	
Charge algorithm	Multi-stage adaptive (adjustable)	
Battery temperature sensor	Included	
Maximum efficiency	96 %	
Self-consumption	15 mA	
<b>SOLAR</b>		
Maximum DC PV voltage	450 V	
Start-up voltage	120 V	
MPPT operating voltage range	80 – 450 V <sup>(1)</sup>	
Number of trackers	2	4
Max. PV operational input current	18 A per tracker	
Max. PV short circuit current <sup>(2)</sup>	20 A per tracker	
Max. DC output charging power	4000 W per tracker 5760 W total	4000 W per tracker 11520 W total
Maximum PV array size per tracker <sup>(3)</sup>	7200 Wp (450 V x 20 A) <sup>(3)</sup>	
PV Isolation fail level <sup>(4)</sup>	100 kΩ	
<b>GENERAL</b>		
Synchronised Parallel Operation	Yes, up to 25 units with VE.Can	
Programmable relay <sup>(5)</sup>	Yes	
Protection	PV reverse polarity Output short circuit Over temperature	
Data communication	VE.Direct port, VE.Can port & Bluetooth <sup>(6)</sup>	
Bluetooth frequency	2402 – 2480 MHz	
Bluetooth power	4dBm	
General purpose analogue/digital in port	Yes, 2x	
Remote on-off	Yes	
Operating temperature range	-40 to +60 °C (fan assisted cooling)	
Humidity (non-condensing)	max 95 %	
<b>ENCLOSURE</b>		
Material & Colour	steel, blue RAL 5012	
Protection category	IP21	
Battery-connection	M8 bolts	
Power terminals PV input	2	16 mm <sup>2</sup>
Weight	7.9 kg	13.7 kg
Dimensions (h x w x d) in mm	440 x 313 x 126	487 x 434 x 146
<b>STANDARDS</b>		
Safety	EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2	
Country of Origin	Designed in The Netherlands, made in India	

1) MPPT operating voltage range is constrained by battery voltage - PV VOC should not exceed 8 x battery float voltage. For example, a 52,8 V float voltage results in a maximum PV VOC of 422,4 V. See product manual for further information.

2) A higher short circuit current may damage the controller if PV array is connected in reverse polarity.

3) Max. 450 VOC result in appr. 360 Vmpp, therefore the maximum PV array is appr. 360 V x 20 A = 7200 Wp.

4) The MPPT RS will test for sufficient resistive isolation between PV+ and GND, and PV- and GND. In the event of a resistance below the threshold, the unit will stop charging, display the error, and send the error signal to the GX device (if connected) for audible and email notification.

5) Programmable relay which can be set for general alarm, DC under voltage or genset start/stop function. DC rating: 4 A up to 35 VDC and 1 A up to 70 VDC

6) The MPPT RS is currently not compatible with VE.Smart Networks.

7) The Charger set-point (float and absorption) can be set to max 60 V. The output voltage at the charger terminals can be higher, due to temperature compensation as well as compensation for voltage drop over the battery cables. The maximum output current is reduced on a linear basis from full current at 60 V to 5 A at 62 V. The equalization voltage can be set to max 62V, the equalization current percentage can be set to max 6%.



# SUNNY TRIPOWER CORE1 STP 50-40



STP 50-40



**SMA ShadeFix**  
STRING LEVEL OPTIMIZATION

World's first free standing inverter

Up to 60 % faster installation for  
commercial PV systems

## Cost-Effective

- Floor-mounted device easy to install
- No DC fuses required
- Integrated DC disconnect

## Highly Integrated

- Integrated Wi-Fi access with any mobile device
- 12 direct string inputs reduce labor and material costs
- AC/DC overvoltage protection (optional)

## Fastest Installation

- Fast grid connection due to easy inverter configuration and commissioning
- Completely accessible connection areas

## Maximum Yields

- Up to 150% DC:AC ratio
- Yield increase without installation effort due to integrated shade management SMA ShadeFix

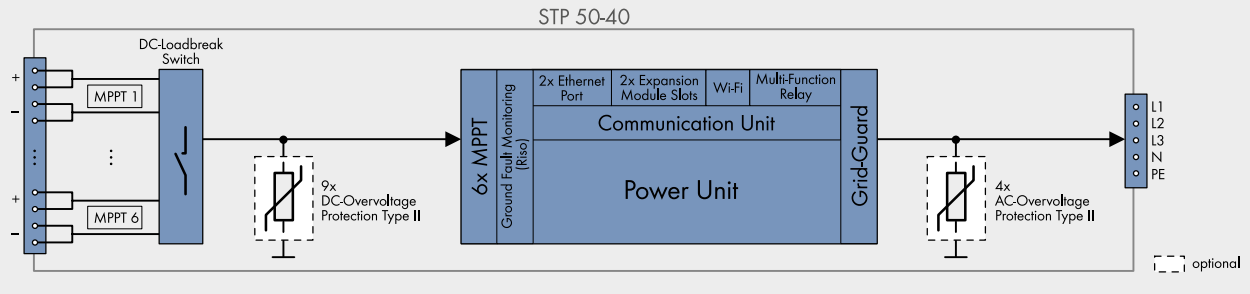
## SUNNY TRIPOWER CORE1

Stands on its own

The Sunny Tripower CORE1 is the world's first free-standing string inverter for decentralized rooftop and ground-based PV systems as well as covered parking spaces. The CORE1 is the third generation in the successful Sunny Tripower product family and is revolutionizing the world of commercial inverters with its innovative design. SMA engineers developed an inverter that combines a unique design with an innovative installation method to significantly reduce installation time and provide all target groups with a maximum return on investment.

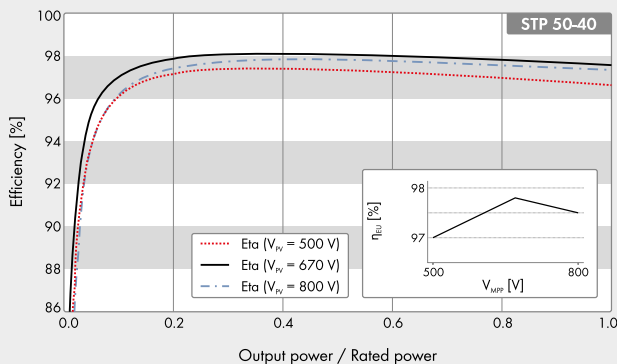
From delivery and installation to operation, the Sunny Tripower CORE1 generates widespread savings in logistics, labor, materials and services. Commercial PV installations are now quicker and easier to complete than ever before.

## BLOCK DIAGRAM

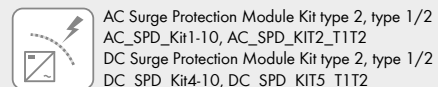
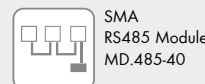


Technical Data	Sunny Tripower CORE1	Technical Data	Sunny Tripower CORE1
<b>Input (DC)</b>		<b>Efficiency</b>	
Max. generator power	75000 Wp STC	Max. efficiency / European efficiency	98.1% / 97.8%
Max. input voltage	1000 V	<b>General data</b>	
MPP voltage range / rated input voltage	500 V to 800 V / 670 V	Dimensions (W/H/D) without feet or DC load break switch	569 mm / 733 mm / 621 mm (22.4 in / 28.8 in / 24.4 in)
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V	Weight	84 kg (185 lb)
Max. operating input current / per MPPT	120 A / 20 A	Operating temperature range	-25 °C to +60 °C (-13 °F to +140 °F)
Max. short circuit current per MPPT / per string input	30 A / 30 A	Noise emission (typical)	< 65 dB(A)
Number of independent MPPT inputs / strings per MPP input	6 / 2	Self-consumption (at night)	4.8 W
<b>Output (AC)</b>		Topology / Cooling concept	Transformerless / OptiCool
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	50000 W	Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65
Max. apparent AC power	50000 VA	Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H
AC nominal voltage	220 V / 380 V 230 V / 400 V 240 V / 415 V	Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%
AC voltage range	202 V to 305 V	<b>Features / functions / accessories</b>	
AC grid frequency / range	50 Hz / 44 Hz to 55 Hz 60 Hz / 54 Hz to 65 Hz	DC connection / AC connection	SUNCLIX / screw terminal
Rated power frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V	Mounting feet	●
Max. output current / Rated output current	72.5 A / 72.5 A	LED indicators (status / fault / communication)	●
Output phases / AC connection	3 / 3-(N)-PE	LC display	○
Power factor at rated power / Adjustable displacement power factor	1 / 0.0 leading to 0.0 lagging	Interface: Ethernet / WLAN / RS485	● (2 ports) / ● / ○
THD	< 3%	Data interface: SMA Modbus / SunSpec Modbus / Speedwire, Webconnect	● / ● / ●
<b>Protective devices</b>		Multi-Function relay / Expansion Module Slots	● / ● (2 ports)
Input-side disconnection device	●	Shade management SMA ShadeFix / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	● / ● / ●
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●	Off-grid capable / SMA Fuel Save Controller compatible	● / ●
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / -	Guarante: 5/10/15/20 years	● / ○ / ○ / ○
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●	Certificates and permits (more available on request)	ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MEA 2016, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 0972-1, PEA 2016, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n°7:2013, SI4777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-ARN 4105, VFR 2014, P.O.12.3, NTCO-NTCys, GC 8.9H, PR20, DEWA
Protection class (according to IEC 62109-1) / overvoltage category (according to IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II	* Does not apply to all national appendices of EN 50438	
AC/DC surge arrester (type 2, type 1/2)	○	● Standard features ○ Optional - Not available Data at nominal conditions - status: 02/2020	
		Type designation	STP 50-40

## Efficiency Curve



## Assessories



# SMA EV CHARGER 7.4/22 con SMA SMART CONNECTED



EVC7.4-1AC-10/EVC22-3AC-10



**Servicio inteligente con  
SMA Smart Connected**

**5 años de  
garantía**

## De aplicación universal

- Compatible con todos los vehículos eléctricos comunes
- Integración en plantas fotovoltaicas nuevas y existentes

## Facilidad y sencillez

- Carga de hasta 22 kW
- Función de carga rápida monofásica en redes de hasta 7.4 kW
- Control y visualización a través de la aplicación SMA Energy

## Sostenible

- Máximo aprovechamiento de la energía fotovoltaica
- Carga sin emisiones

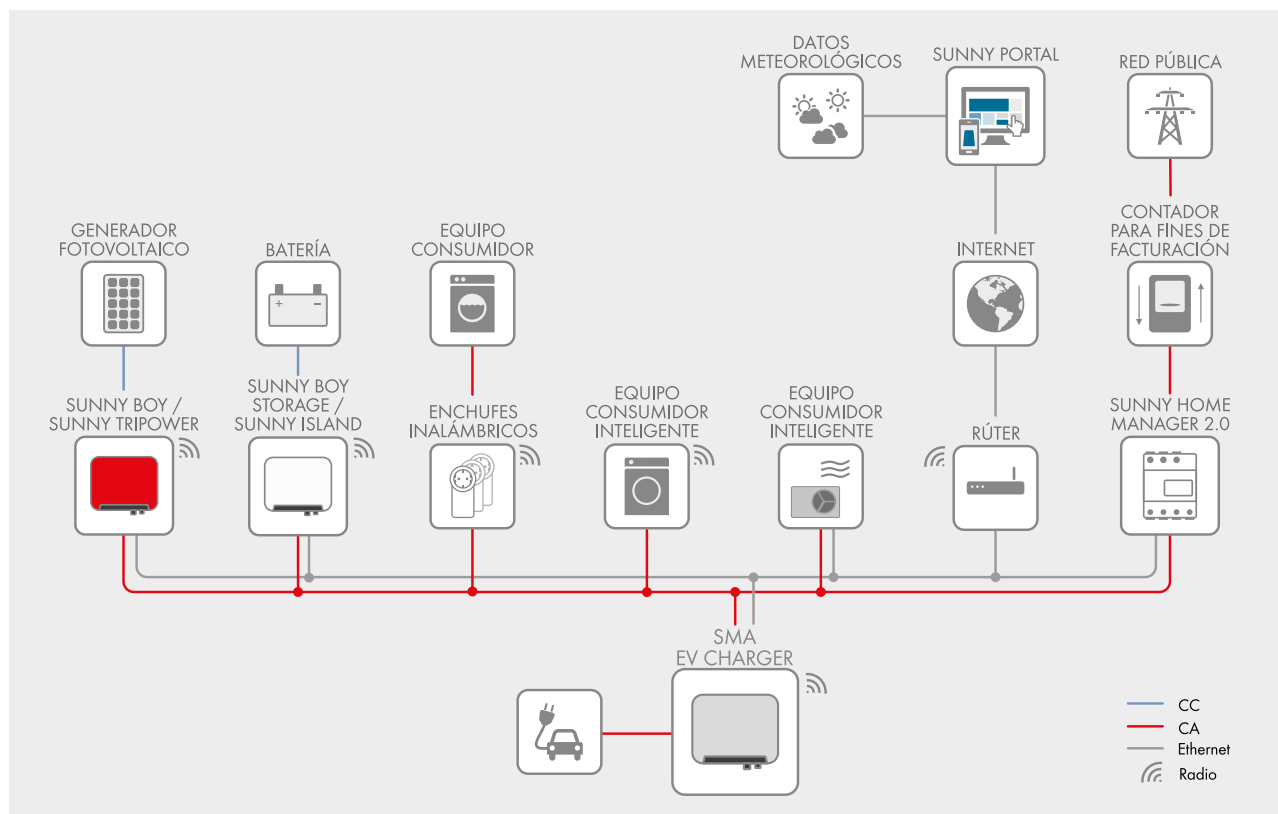
## Máxima tranquilidad

- Seguridad mediante la protección contra apagones
- El control integrado de fallos de corriente continua reduce los costes de instalación
- Seguridad de la inversión por medio de SMA Smart Connected

## SMA EV CHARGER 7.4/22

La solución inteligente, rápida y económica para cargar vehículos eléctricos con energía solar

El SMA EV Charger permite a los operadores de plantas fotovoltaicas cargar su vehículo eléctrico de una forma inteligente y sostenible, pues con la energía solar los costes de adquisición de electricidad de la red pública para los procesos de carga se pueden reducir al mínimo. No importa si la planta es antigua o nueva, el SMA EV Charger se puede emplear de forma flexible y gracias a su cable de carga fijo con conector de tipo 2 es compatible con todos los vehículos eléctricos comunes. En combinación con SMA Sunny Home Manager 2.0, los clientes pueden priorizar la energía solar para cargar sus vehículos eléctricos y hacerlo muy rápido si tienen prisa. El equipo se maneja fácilmente mediante el interruptor giratorio integrado o a través de la nueva aplicación SMA Energy. La función de carga rápida le permite además cargar casi el doble de rápido que con otras estaciones de carga comunes. Y, gracias a la conmutación automática entre el modo de carga monofásico y trifásico, también se pueden aprovechar al máximo los momentos con poca potencia solar. En este proceso, el sistema inteligente tiene en cuenta permanentemente todos los equipos consumidores y evita sobrecargas de la conexión doméstica.



Datos técnicos	SMA EV Charger 7.4	SMA EV Charger 22
<b>Entradas y salidas (CA)</b>		
Potencia de carga (modo 3)	1,3 kW a 7,4 kW (configurable)	1,3 kW a 22 kW (configurable)
Tensión nominal	230 V	400 V
Frecuencia nominal	50 Hz	50 Hz
Corriente nominal	máx. 32 A, monofásica	máx. 32 A, trifásica
Sección de conexión	3 x 6 mm <sup>2</sup> /3 x 10 mm <sup>2</sup> (rígida)	5 x 6 mm <sup>2</sup> /5 x 10 mm <sup>2</sup> (rígida)
Conexión del vehículo	conector de tipo 2	
<b>Comunicación</b>		
Ethernet/WLAN	● / ●	
Interfaz del operador de red	entrada digital	
<b>Dispositivos de protección</b>		
Control integrado de corriente residual continua	6 mA	
Protección contra apagones	●	
<b>Condiciones ambientales durante el funcionamiento</b>		
Temperatura ambiente	de -25 °C a +40 °C (de -13 °F a +104 °F)	
Rango de temperatura de almacenamiento	de -25 °C a +70 °C (de -13 °F a +158 °F)	
Tipo de protección (según IEC 60529)/Resistencia al impacto	IP 65/IK 08	
Clase de protección (según IEC 62103)/Categoría de sobretensión	I/III	
Valor máximo permitido para la humedad relativa del aire (sin condensación)	100 %	
Altitud sobre el nivel del mar	de 0 m a 2000 m	
<b>Datos generales</b>		
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	460/357/122 mm (18,1/14,1/4,8 in)	
Peso	8,0 kg (17,6 lb)	
Sistemas de distribución	TN/TT	
Indicación	indicación de estado mediante LED, aplicación SMA Energy	
Autoconsumo en stand-by	< 6,5 W	
<b>Equipamiento</b>		
Cable de carga integrado	5 m	
Contador de energía integrado	conforme a la MID	
Garantía	5 años	
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	IEC 61851, DIN IEC/TS 61439-7	
Compatibilidad del sistema (actualizado: 02/2020)	SMA Sunny Home Manager 2.0	
Disponibilidad de SMA Smart Connected en los países	AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, LU, NL, UK	
● Equipamiento de serie ○ Opcional – No disponible		
Datos en condiciones nominales, actualizado: 02/2020		
Modelo comercial	EVC7.4-1AC-10	EVC22-3AC-10

## ELECTRODOS O VARILLAS PARA TIERRA



### CARACTERÍSTICAS

- Mejor resistencia a la corrosión que las varillas galvanizadas logrando una vida útil de hasta 30 años en la mayoría de los terrenos
- Mejores características mecánicas que los electrodos químicos no metálicos
- Proceso de manufactura con lo último en tecnología lo cual asegura una aplicación uniforme en el espesor del recubrimiento de cobre
- Esfuerzo de tensión promedio de 80,000 psi y una tolerancia de doblez de 0.25 mm por cada 30 cms
- Excede los requerimientos de las normas ANSI®/UL® 467-1997, CSA® y ANSI/NEMA® GR-1
- Algunas de las varillas están identificadas con el logotipo E, año de fabricación y número de lote, además del número de catálogo

En un sistema de tierra, el electrodo de tierra provee la conexión física para disipar la corriente a tierra. Existen 2 tipos básicos de electrodos: el natural, que está intrínsecamente dentro de la instalación que incluye todo el metal enterrado como tuberías de agua, la estructura del edificio (si está efectivamente conectada a tierra) y el metal de refuerzo de la cimentación.

Los electrodos fabricados son instalados específicamente para mejorar el desempeño de los sistemas de tierra que incluyen mallas de alambre, platos metálicos, conductor de cobre desnudo y varillas directamente enterradas en el terreno.

La varilla de tierra es el electrodo más utilizado. nVent es el mayor fabricante a nivel mundial de varillas de tierra y ofrece una línea completa de varillas y accesorios para cumplir con cualquier necesidad del cliente. La varilla está constituida por un núcleo de acero y un recubrimiento de cobre aplicado mediante un proceso electrolítico garantizando así una unión a nivel molecular que asegura un buen desempeño de la misma, durante su vida útil.

Catalogo	Diámetro		Longitud (m)	Espesor del Recubrimiento de Cobre (mm)
	Normal Pulgadas	Real mm		
613400	3/4	17.30	3.0	0.254
613480	3/4	17.30	2.4	0.254
615800MEX01	5/8	14.30	3.0	0.254
615880	5/8	14.30	2.4	0.254
615950	5/8	15.88	1.5	0.254
615900MEX01*	5/8	15.88	3.0	0.254
693400MEX	3/4	19.05	3.0	0.254

\* Esta varilla cumple con la especificación CFE-56100-16.

NOTA: También producimos otros diámetros y longitudes sobre pedido.

## VARILLA ROSCADA Y COPLES ROSCADOS

- Las varillas roscadas tienen las mismas características de las varillas nVent con recubrimiento electrolítico, además de un roscado diseñado especialmente para la unión adecuada de las varillas.
- La rosca de acero de la varilla de tierra cuenta con un roscado continuo que asegura una conductividad continua y protección del núcleo de la varilla.
- Los acopladores de alta Resistencia cuentan con roscado de bronce y con un chaflán en ambos extremos para su fácil conexión.
- El cople tipo "CR" está diseñado para permitir un contacto total con el extremo posterior de la varilla y la punta de la otra. Estos son de alta resistencia, resistentes a la corrosión, aseguran un acoplamiento permanente entre las conexiones cobre-cobre.



## VARILLA ROSCADA Y COPLES ROSCADOS

Numero de Catalogo	Diámetro Nominal por Longitud	Atado Estandar	Atado Master	Peso por Cada 100 Pzas (Lbs.)
631380	1/2" x 8'	5	100	540
631300	1/2" x 10'	5	100	688
635860	5/8" x 6'	5	100	452
635880	5/8" x 8'	5	100	668
635800	5/8" x 10'	5	100	856
633480	3/4" x 8'	5	50	998
633400	3/4" x 10'	5	50	1232
634400	1" x 10'	3	25	1802

## COPLES TIPO "CR" PARA VARILLA ROSCADA

Numero de Catalogo	Tamaño de la Varilla	Paquete Estandar	Peso por Cada 100 Pzas (Lbs.)
CR12S	1/2" Full Size	25	17
CR58	5/8" Nominal	25	25
CR34	3/4" Nominal	25	40
CR100	1" Nominal	10	85

## TIPO "CC" COPLE DE COMPRESIÓN PARA VARILLA COBRIZADA

- El cople de compresión se instala de una manera fácil y rápida sin el riesgo de que la varilla se separe.
- Esta hecho de bronce al silicio de alta resistencia.
- Las 2 varillas son unidas por sus extremos de terminación en punta por el cople de compresión formando una conexión conductiva.

Numero de Catalogo	Diámetro Nominal	Paquete Estandar	Peso por Cada 100 Pzas (Lbs.)
CC12F	1/2" Full	25	17
CC58	5/8" Nominal	25	25
CC34	3/4" Nominal	25	40

## TORNILLOS TIPO "DS" PARA COPLES DE VARILLA ROSCADA

Numero de Catalogo	Tamaño de la Varilla	Paquete Estandar	Peso por Cada 100 Pzas (Lbs.)
FDS12	1/2" Full Size	25	16
DS58	5/8" Nominal	25	20
DS34	3/4" Nominal	25	32
DS1	1" Nominal	10	66

## COPLE DE ACERO PARA HINCAR VARILLA DE TIERRA

- Se sugiere usarlos para los coples de compresión.
- Se ajusta a la terminación de la varilla para protegerla de la corrosión por humedad.

Numero de Catalogo	Diámetro Nominal	Paquete Estandar
B13716	5/8"	1
DH34	3/4"	1



Vista completa del cople de compresión



Vista seccionada del cople de compresión



Nuestra poderosa cartera de marcas:

**CADDY ERICO HOFFMAN RAYCHEM SCHROFF TRACER**

### ADVERTENCIA

Los productos nVent deben ser instalados y usados únicamente como está indicado en las hojas de instrucciones y materiales de entrenamiento de nVent. Las hojas de instrucciones están disponibles en [nVent.com/ERICO](http://nVent.com/ERICO) y con su representante de Servicio a Clientes de nVent. La instalación inapropiada, mal uso, aplicación incorrecta o cualquier otra falta en el completo seguimiento a las instrucciones y advertencias de nVent puede ocasionar un mal funcionamiento del producto, daños en la propiedad, lesiones corporales serias e inclusive la muerte así como la invalidación de la garantía.

©2018 nVent. Todos los logotipos y marcas nVent son propiedad de nVent Services GmbH o sus filiales, o se hallan autorizados por los mismos. Todas las demás marcas registradas son propiedad de sus respectivos propietarios. nVent se reserva el derecho de modificar especificaciones sin previo aviso.

ERICO-DS-E660S-E219LT15LASP-ES-1805