



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MORELOS**

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA

**TÍTULO DE LA TESIS: PROYECTO DE
SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE
UNA CASA HABITACIÓN A TRAVÉS DE
PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS**

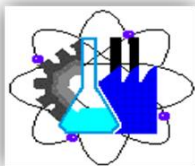
PRESENTA:

BERNARDO Yael MATILDE MARTÍNEZ

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA
ELECTRÓNICA**

ASESOR:

DR. LUIS CISNEROS VILLALOBOS



CUERNAVACA, MORELOS

2022

Dedicatoria

A mi madre Elvia Martínez Rubio por ser la impulsadora de todos mis sueños, por su fuente inagotable de cariño y por su amor incondicional, a quien sin duda le debo todo en mi vida.

Agradecimientos

A mi asesor el Doctor Luis Cisneros Villalobos, por su paciencia, apoyo, consejo y tiempo, de valiosa aportación en mi investigación.

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), a la Facultad de Ciencias Químicas e ingeniería y a todos mis profesores que fueron parte de mi formación profesional.

Índice

Resumen.....	11
Abstract.....	12
Justificación	13
Hipótesis	14
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos	15
CAPÍTULO 1 RECURSO SOLAR	16
1.1 Energía solar.....	16
1.1.2 Energía solar fotovoltaica	16
1.1.3 El movimiento de la tierra con respecto al sol.....	16
1.1.4 Los meridianos y paralelos de la tierra	17
1.1.5 Declinación solar	18
1.2 Radiación solar.....	19
1.2.1 Irradiancia e irradiación	20
1.2.2 Horas solar Pico (HSP).....	21
1.3 Recurso solar en México	21
1.3.1 Coordenadas Geográficas de Cuernavaca Morelos	22
1.3.2 Radiación global en Cuernavaca	22
1.3.3 Horas solar pico en Cuernavaca.....	22
CAPÍTULO 2. MODULO SOLAR FOTOVOLTAICO	23
2.1 Efecto fotoeléctrico y fotovoltaico	23
2.2.1 Tipo de materiales eléctricos	24
2.2.2 Material semiconductor.....	24
2.2.3 Silicio	25
2.2.4 Unión P-N	26
2.3Celda o célula solar fotovoltaica	28
2.4 Módulo fotovoltaico.....	29
2.4.1 Símbolo de modulo fotovoltaico.....	29
2.4.2 Tipos de módulos fotovoltaicos.....	30
2.4.3 Partes de un módulo fotovoltaico.....	33

2.4.4 Condiciones de pruebas estándares	34
2.4.5 características eléctricas de un módulo fotovoltaico	34
2.4.6 Factores que afectan a los módulos fotovoltaicos	36
2.4.7 La irradiación en los módulos fotovoltaicos	36
2.4.8 La temperatura ambiente en los módulos fotovoltaicos.....	37
2.5 La temperatura mensual promedio en Cuernavaca.....	38
2.5 El efecto sombra.....	39
2.5.1 Sombreado total y parcial en una celda fotovoltaica.....	40
2.6 Panel fotovoltaico	40
2.7 Cadena (String)	40
2.8 Generador fotovoltaico	40
CAPÍTULO 3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS	41
3.1 Tipo de instalación fotovoltaicas	41
3.1.1 instalación fotovoltaica aislada	41
3.1.2 Instalación fotovoltaica conectada a red.....	42
3.1.3 Instalación fotovoltaica conectada a red de autoconsumo	43
3.2 Elementos de una instalación fotovoltaica conectada a red	43
3.2.1 inversor.....	43
3.2.2 Medidor bidireccional	44
3.3.1 Tipo de inversores	45
3.3.2 Inversores String o de cadena.....	45
3.3.3 Microinversores	46
3.3.4 Optimizadores de potencia	47
3.4 Conexión de módulos fotovoltaicos	48
3.4.1 Conexión en serie.....	48
3.4.2 Conexión en paralelo.....	49
3.4.5 Caja combinadora fotovoltaica (Combiner Box).....	50
3.5 Estructura de soporte de paneles solares	50
3.5.1Tipos de estructuras	51
3.5.2Tipos de estructuras fijas.....	51

3.6 Modelos de contratos de contraprestación de la energía entregada a las Redes Generales de Distribución en México	53
CAPÍTULO 4. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	55
4.1 Zona de instalación	55
4.2 Estimación de consumo eléctrico diario	57
4.3 Selección de Modelo de contrato de contraprestación de energía	60
4.4 Selección de módulos fotovoltaicos	60
4.5 Número total de módulos en la instalación solar fotovoltaica conectada a red	61
4.6 Conexión de los módulos fotovoltaicos	64
4.7 Orientación de los módulos fotovoltaicos	67
4.8 Dimensión de módulos fotovoltaicos JAP72S01 -330/SC	68
4.9 Distancia entre módulos fotovoltaicos y objetos	68
4.10 Selección de inversor	72
4.10.1 Montaje del inversor	74
CAPÍTULO 5. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y CABLEADO	75
5.1 Cableado	75
5.1.1 Criterios de selección de conductor eléctrico	75
5.1.2 Criterio de máxima caída de tensión en los circuitos	76
5.1.3 Sección transversal de conductores de la instalación fotovoltaica ...	77
5.1.4 Criterio de corriente de máxima intensidad en los circuitos	80
5.1.5 Corriente de máxima intensidad de los circuitos de la instalación fotovoltaica	81
5.1.6 Calibre de conductores de la instalación fotovoltaica	81
5.2 Dispositivos de protección	82
5.2.1 Protecciones del inversor	82
5.2.2 Protecciones del módulo fotovoltaico	83
5.2.3 Diodos de paso (Bypass)	83
5.2.4 Diodos de bloqueo	83
5.2.5 Fusible	84
5.2.6 Protección de falla por arco eléctrico	85

5.2.7 Medios de desconexión	85
5.2.8 Interruptor general de corriente continua	85
5.2.9 Interruptor general magneto térmico (corriente alterna)	86
5.2.10 Supresor de picos de voltaje (corriente alterna y corriente directa)	86
5.3Caja combinadora.....	87
5.4 Puesta a tierra	88
CAPÍTULO 6. COTIZACIÓN DEL PROYECTO, MANTENIMIENTO Y BENEFICIO AMBIENTAL	89
6.1 Cotización de material y elementos de la instalación fotovoltaica	89
6.2 Cotización de mano de obra	90
6.3 Cotización total del proyecto.....	91
6.4 Ahorro monetario	91
6.4.1Tarifa para uso doméstico	91
6.4.2 Cargos aplicables en temporada de verano	93
6.4.3 Cargos aplicables en temporada fuera de verano	94
6.4.4 Estimación de Consumo anual	94
6.4.5 Amortización de la inversión	99
6.5 Vida útil	100
6.6 Retorno de Inversión	100
6.7 Mantenimiento de instalación fotovoltaica	102
6.8 Benéfico del uso de la energía solar proveniente de generadores fotovoltaicos.....	103
6.9 Panorama del uso de energía fotovoltaica en México	104
6.9.1 Generación de energía eléctrica en México.....	104
6.9.2 Participación de tecnologías de generación de electricidad en México	104
6.9.3 Panorama del suministro de electricidad en el sector doméstico en México	106
Conclusiones	107
Referencias.....	109
Anexos	113

Índice de figuras

Figura 1.1 Equinoccios y solsticios. (Labarta, 2012).....	17
Figura 1.2 Meridianos y paralelos terrestres (Labarta, 2012).....	18
Figura 1.3 Declinación solar (Labarta, 2012).	19
Figura 1.4 Componentes de la radiación solar. (Elaboración propia, Información Serrano, 2016)	20
Figura 1.5 Insolación en México (solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/mexico, 2021).	21
Figura 2.1 Efecto fotoeléctrico en un material metálico	23
Figura 2.2 Átomo de silicio (Elaboración propia, Información Formación, 2007).....	25
Figura 2.3 Semiconductor tipo P (Elaboración propia, Información Formación, 2007).....	26
Figura 2.4 Semiconductor tipo N (Elaboración propia, Información Formación 2007).....	27
Figura 2.5 Unión P-N (Elaboración propia, Información Labarta, 2012)	27
Figura 2.6 Símbolo de modulo fotovoltaico (CFE G0100-04, 2020).....	29
Figura 2.7 Partes de un módulo fotovoltaico, (https://www.researchgate.net/ , 2020).....	34
Figura 2.8 Curva I-V de una célula fotovoltaica, (https://www.grupoelektra.es/blog/nota-tecnica-curva-caracteristica-v/ , 2021)	35
Figura 2.9 Curva de tensión- intensidad de los módulos en función de la irradiancia (Serrano,2016)	37
Figura 2.10 Curva de tensión- intensidad de los módulos en función de la temperatura del módulo (Serrano, 2016).	38
Figura 2.11 Temperatura máxima y temperatura mínima mensual promedio de Cuernavaca. (www.ncdc.noaa.gov/ , 2020)	39
Figura 3.1 Instalación fotovoltaica aislada (Labarta, 2012).....	42
Figura 3.2 Instalación fotovoltaica conectada a red (https://tecnoverde.cl/4-2-1-sistema-fotovoltaico-conectado-a-la-red/ , 2020).....	42
Figura 3.3 Inversor de Cadena o String. (https://www.thermokold.com.mx/diferencia-entre-un-inversor-y-un-microinversor/ , 2020)	45

Figura 3.4 Mircoinversor. (https://www.thermokold.com.mx/diferencia-entre-un-inversor-y-un-microinversor/ , 2020)	46
Figura 3.5 Optimizador de potencia. (https://cambiosolar.org.wordpress.com/inversor-central-con-optimizadores/ , 2020)	47
Figura 3.6 Conexión en serie (https://suministrosdelsol.com/es/Blog/potencia-segun-tipo-de-conexion-en-paneles-solares-b11.html , 2020)	49
Figura 3.7 Conexión en paralelo (https://www.mpptsolar.com/es/paneles-solares-serie.html , 2020).....	50
Figura 4.1 Dimensión de casa habitación en zona Ampliación Chamilpa	55
Figura 4.2 Dimensión de Azotea de la casa habitación en zona Ampliación Chamilpa.....	56
Figura 4.3 Conexión en serie de los módulos fotovoltaicos	64
Figura 4.4 Separación entre filas, y entre filas y objetos (Serrano, 2016).....	69
Figura 4.5 Angulo de módulo modelo JAP72S01 -330/SC	69
Figura 4.6 Dimensiones de tinaco marca Rotoplas, (https://distribuidornacional.com/Item/Tanque-1100-litros-para-agua-Rotoplas , 2021).....	70
Figura 4.7 Distancia requerida entre módulos y tinaco	71
Figura 4.8 Distancia de los paneles con respecto al tinaco desde la azotea	72
Figura 6.1 Generación de energía eléctrica en México (SENER, 2018)	104
Figura 6.2 Porcentaje de generación bruta de energía por tipo de tecnología en México. (Rendón, 2019).....	105
Figura 6.3 Distribución porcentual de viviendas particulares habitadas por condición de disponibilidad de energía eléctrica, y viviendas habitadas con energía eléctrica y su distribución según tipo de fuente. (INEGI, 2018)	106

Índice de tablas

Tabla 2.1 Módulo fotovoltaico de células de silicio monocristalino	30
Tabla 2.2 Módulo fotovoltaico de células de silicio policristalino.....	31
Tabla 2.3 Módulo fotovoltaico de células de silicio amorfo	32
Tabla 4.1 Consumo de potencia de electrodomésticos y aparatos eléctricos	57
Tabla 4.2 Estimación promedio del consumo diario de una casa habitación de Cuernavaca Morelos.....	59
Tabla 4.3. Modelos de módulos fotovoltaicos comerciales	60
Tabla 4.4 Dimensiones de módulo fotovoltaico modelo JAP72S01 -330/SC	68
Tabla 4.5 Modelos de inversores	73
Tabla 5.1 Longitud de la sección de conexión.	77
Tabla 5.2 Caja combinadora modelo ZJ BENY BHS-1/1 600VDC/1000VDC	87
Tabla 6.1 Cotización de los elementos de la instalación fotovoltaica.....	89
Tabla 6.2 Cotización de mano de obra	90
Tabla 6.3 Cotización total del proyecto	91
Tabla 6.4 Tarifa vigente para Hogar (CFE, 2020)	92
Tabla 6.5 Cargos por energía consumida tarifa 1 A en temporada de verano (CFE, 2020)	93
Tabla 6.6 Cargos por energía consumida tarifa 1 A en temporada fuera de verano (CFE, 2020)	94
Tabla 6.7 Pagos correspondientes a los doce meses del año	95
Tabla 6.8 Estimación de generación mensual	96
Tabla 6.9 Estimación de generación anual con el generador fotovoltaico	97
Tabla 6.10 Estimación de consumo anual con generador fotovoltaico instalado	98
Tabla 6.11 Retorno de la inversión del proyecto.....	101

Resumen

La investigación realizada en este proyecto, propone dar una solución para satisfacer el consumo eléctrico de una casa habitación estándar aprovechando el uso de la energía proveniente del sol, como una alternativa de generación y suministro de energía eléctrica, renovable, eficiente, rentable y limpia, contrario al sistema tradicional que ofrece la Comisión Federal de Electricidad en el sector doméstico, por medio de la instalación de un generador fotovoltaico interconectado a la red eléctrica nacional.

Se tomaron en cuenta las características de la zona que comprende el municipio de Cuernavaca, Morelos, como son las horas solar pico, la temperatura ambiente y la latitud del lugar determinando su mejor ubicación sin perjudicar su funcionamiento y las dimensiones que abarcaría la instalación.

Se realizó una serie de estimaciones del consumo eléctrico de la casa habitación, para seleccionar las características eléctricas de cada uno de los componentes del generador fotovoltaico, tomando en cuenta la normativa vigente en el país, así como la cantidad requerida y su precio en el mercado.

También se estimó el monto a pagar de la tarifa doméstica correspondiente a la casa habitación de la forma tradicional, comparándolo con el ahorro energético, el costo de la inversión, la mano de obra, el mantenimiento requerido y los beneficios esperados tanto monetarios como ambientales, provenientes de los módulos fotovoltaicos; en el lapso de tiempo que abarca su periodo de vida útil, y de esa forma determinar la viabilidad de ejecución de este proyecto.

Abstract

The research carried out in this project proposes to provide a solution to satisfy the electrical consumption of a standard house, taking advantage of the use of energy from the sun, as an alternative for the generation and supply of renewable, efficient, profitable and clean electrical energy, contrary to the traditional system offered by the Federal Electricity Commission in the domestic sector, through the installation of a photovoltaic generator interconnected to the national electricity grid.

The characteristics of the area that includes the municipality of Cuernavaca, Morelos, such as peak solar hours, ambient temperature and latitude of the place, determining its best location without harming its operation and the dimensions that the installation would cover.

A series of estimates of the electrical consumption of the house was made, to select the electrical characteristics of each of the components of the photovoltaic generator, taking into account the regulations in force in the country, as well as the quantity required and its price in the market.

The amount to be paid for the domestic tariff corresponding to the house in the traditional way was also estimated, comparing it with the energy savings, the cost of the investment, the labor force, the required maintenance and the expected monetary and environmental benefits. coming from photovoltaic modules; in the period of time that covers its useful life, and thus determine the viability of executing this project.

Justificación

Actualmente, Cuernavaca, la capital del estado de Morelos, es un municipio altamente urbanizado, en el cual más del 95 por ciento de la población vive en la zona urbana y el 96 por ciento de esta hace uso de la energía eléctrica. (SENER *et al.* 2020)

La mayor parte de esta energía, provienen de centrales convencionales, siendo México un país que depende en gran medida del combustible fósil, y que es uno de los principales responsables de las emisiones de CO₂ que perjudican al ambiente y a la salud de la población.

En búsqueda de satisfacer las necesidades del usuario del sector domiciliario, reduciendo el uso del suministro eléctrico proveniente de energías contaminantes, de manera que pueda realizar sus actividades con normalidad, sin grandes repercusiones económicas, en la presente investigación, se hará uso de la energía solar como una alternativa de solución en el sector domiciliario, buscando suministrar energía eléctrica a una casa habitación, de la colonia ampliación Chamilpa del municipio de Cuernavaca Morelos, por medio de un sistema interconectado a la red, mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos.

Entre las ventajas del uso de la energía solar se encuentra:

Es una fuente de energía renovable, abundante, limpia, de disponibilidad universal y sin costo.

La competitividad que va ganando gracias a sus avances tecnológicos y a las mejoras de producción, lo que tiende a reducir costos.

El poco espacio que requiere una instalación de paneles solares fotovoltaicos, sin llegar a perjudicar la infraestructura urbana, la adaptación a las necesidades del usuario, además de la fiabilidad, duración y el bajo mantenimiento que ofrecen.

La reducción de la dependencia de la energía proveniente de centrales generadoras de energía eléctrica de tipo convencional, así como la reducción factura de pago del recibo de luz.

La ubicación geográfica privilegiada de México con un importante recurso solar, con una estimación mayor de 5 kwh/m² al día en las entidades federativas como son el estado de Morelos.

Hipótesis

- Las energías limpias, como la energía solar, son la mejor opción como fuentes suministradoras de energía eléctrica, sobre las energías de origen fósil, en relación a su costo-beneficio, en el ámbito económico, ambiental y social.
- Cuernavaca es una región ideal para colocar un sistema de paneles solares fotovoltaicos por su ubicación geográfica y el recurso solar con el que cuenta.
- El uso de un sistema de paneles solares fotovoltaicos interconectados a red en el sector doméstico, garantiza al usuario un ahorro en el consumo de energía eléctrica y un beneficio económico a largo plazo.
- La implementación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos, reduce de forma significativa las emisiones contaminantes dirigidas al ambiente.

Objetivo general

Realizar el análisis de la viabilidad del uso de paneles solares en un sistema interconectado a la red en una casa habitación estándar con un consumo eléctrico estimado, tomando en cuenta los aspectos económicos, técnicos y ambientales, en la región de Cuernavaca Morelos.

Objetivos específicos

- Obtener los datos pertenecientes a la radiación solar, temperatura ambiente, latitud, horas solar pico, necesarios para la colocación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos en Cuernavaca Morelos.
- Conocer el funcionamiento y los componentes del sistema de paneles solares fotovoltaicos conectado a la red en una casa habitación.
- Calcular el consumo aproximado de una casa habitación estándar integrado por cuatro individuos
- Calcular el número de módulos fotovoltaicos, inversores, dispositivos de protección y el cableado necesario para la casa habitación
- Conocer el ángulo de inclinación, el tipo de conexión y los requerimientos eléctricos para la instalación de los módulos fotovoltaicos, el inversor y los dispositivos de protección.
- Calcular la cotización de la inversión del proyecto de la instalación de un generador fotovoltaico con interconexión a la red eléctrica.
- Conocer las ventajas del uso de energía eléctrica proveniente de una fuente solar sobre las energías de origen fósil.

CAPÍTULO 1 RECURSO SOLAR

El capítulo uno aborda los conceptos necesarios y aplicables del recurso solar en las instalaciones fotovoltaicas, así como su disponibilidad tanto México como en Cuernavaca, Morelos.

1.1 Energía solar

La energía solar, es aquella que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente), procedente de una fuente natural, limpia e inagotable, el Sol.(www.foronuclear.org, 2020)

1.1.2 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica, es la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica, por medio de un módulo fotovoltaico. (Mateo, 2016).

1.1.3 El movimiento de la tierra con respecto al sol

La tierra realiza un movimiento de traslación alrededor del sol en una órbita elíptica, que tarda 365 días, 5 horas, 3 minutos y 46 segundos.

La distancia de la tierra al sol varía a lo largo del año.

La mayor distancia ocurre cuando la tierra se encuentra en el extremo mayor del eje de la elipse, conocidos como el solsticio de verano (21-22 de junio) y el solsticio de invierno (21-22 de diciembre).

De igual forma, durante este recorrido hay dos momentos en los que la distancia del sol y la tierra es menor, en el equinoccio de primavera (20-21 de abril) y el equinoccio de otoño (22-23 de septiembre) como se ve en la figura 1.1.

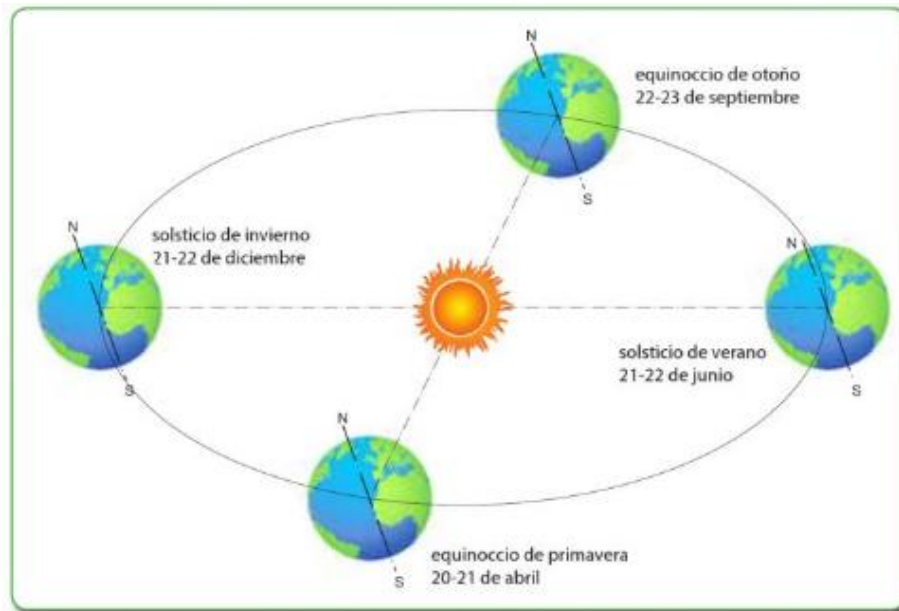


Figura 1.1 Equinoccios y solsticios. (Labarta, 2012).

El segundo movimiento que realiza la tierra, es cuando esta gira sobre sí misma en un eje imaginario que atraviesa el planeta del polo norte al polo sur, denominado como rotación y es completado cada 24 horas.

Este eje tiene una dirección constante y un ángulo de 23 grados y 45 minutos con el plano de la elíptica.

Esta inclinación, junto con la traslación, hace que los rayos solares incidan más en unas zonas de la tierra que en otras, lo que definen las estaciones. (Labarta, 2012).

1.1.4 Los meridianos y paralelos de la tierra

Los meridianos terrestres son círculos imaginarios que pasan por los dos polos y son perpendiculares al ecuador terrestre (círculo máximo que divide el planeta en hemisferio norte y hemisferio sur)

El meridiano cero, es aquel que pasa por la localidad inglesa de mismo nombre, Greenwich (divide el planeta en hemisferio este y hemisferio oeste)

La longitud de un lugar en la tierra es su distancia con respecto al meridiano cero.

De este modo, la tierra se divide en 24 franjas horarias.

Los paralelos son líneas imaginarias horizontales y paralelas al ecuador que van disminuyendo de tamaño a medida que se aproximan a los polos (figura1.2).

La latitud de un lugar en la tierra es la distancia en grados entre el ecuador y dicho lugar. (Labarta, 2012).

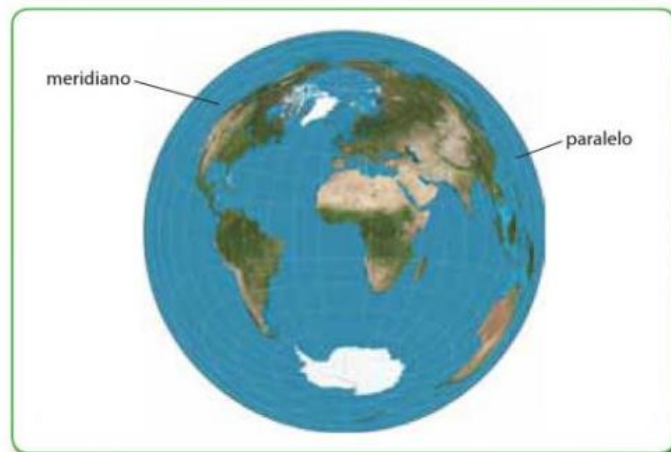


Figura 1.2 Meridianos y paralelos terrestres (Labarta, 2012).

1.1.5 Declinación solar

Es el ángulo que se forma del eje de rotación de la tierra y la eclíptica, que varía a lo largo del año entre los valores $23^{\circ}.45$ y $-23^{\circ}.45$ (figura 1.3)

Su apertura es máxima en los solsticios y nula en los equinoccios.

En los días más largos tiene lugar el solsticio de verano; los más cortos, el solsticio de invierno; y el día dura igual que la noche en los equinoccios. (Labarta, 2012).

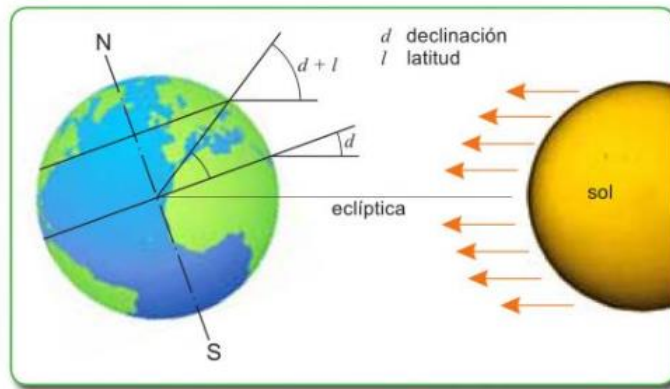


Figura 1.3 Declinación solar (Labarta, 2012).

1.2 Radiación solar

La radiación solar es la energía generada por el sol que llega a la tierra en forma de radiación electromagnética. (Mateo, 2016).

La radiación solar que llega a la tierra se divide en tres componentes como se ve en la figura 1.4

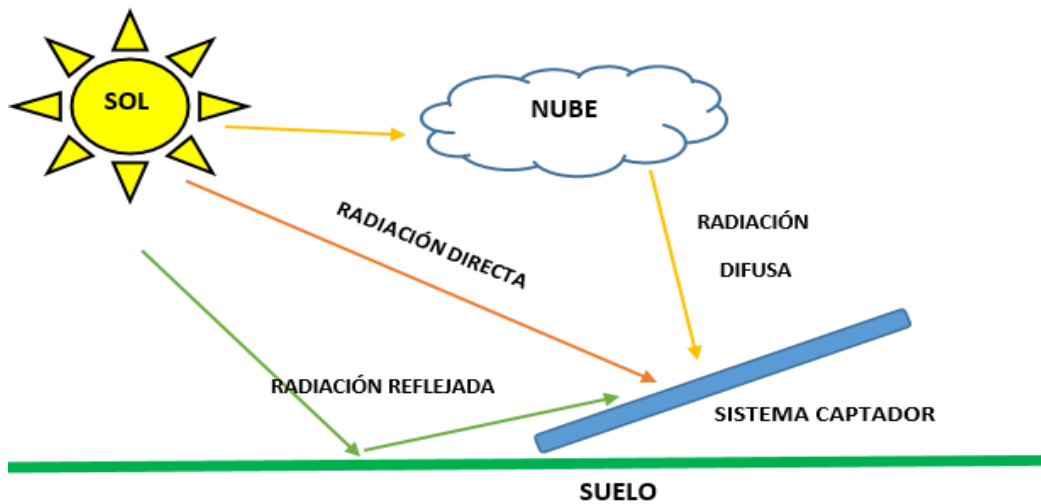


Figura 1.4 Componentes de la radiación solar. (Elaboración propia, Información Serrano, 2016)

Radiación directa: Es aquella que llega directamente del Sol sin sufrir cambio alguno durante su trayecto.

Radiación difusa: Es la que sufre cambios en su trayecto por la atmósfera, reflejada por las nubes o absorbida por éstas.

Radiación reflejada: Es la que proviene “rebotada” del suelo u otras superficies cercanas.

Por lo que la radiación global, es la radiación total de la suma de las tres radiaciones. (Paredes, s.f).

1.2.1 Irradiancia e irradiación

Para cuantificar la potencia y la energía de la radiación solar por unidad de superficie se utiliza la irradiancia y la irradiación solar.

Irradiancia es la potencia de la radiación solar recibida por unidad de superficie (W/m^2).

Irradiación es la energía solar que recibe una unidad de superficie durante un tiempo determinado (Wh/m^2).

La irradiación a lo largo de un día se mide en $\text{Wh/m}^2/\text{día}$ o también en Megajulios por metro cuadrado (MJ/m^2). (Mateo, 2016).

1.2.2 Horas solar Pico (HSP)

Las horas solares pico también llamadas horas de Sol, son el número equivalente de horas por día, donde el promedio de la radiación solar global es de 1000 W/m^2 . (Contreras, Galban & Sepúlveda, 2018).

1.3 Recurso solar en México

México tiene una posición geográfica privilegiada a nivel mundial, ideal para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica. La radiación solar en México es una de las más altas en el mundo, superando a los países europeos, con una insolación promedio mayor a 5 kWh/m^2 por día (figura.1.5). (POTOSINOS, 2019).



Figura 1.5 Insolación en México (solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/mexico, 2021).

1.3.1 Coordenadas Geográficas de Cuernavaca Morelos

De acuerdo a un estudio realizado por el INEGI (instituto nacional de Estadística de Estadística y Geografía), en el Anuario Estadístico y Geográfico del Estado de Morelos, Cuernavaca se ubica 18.92° latitud Norte y -99.23° longitud Oeste. (INEGI, 2017).

1.3.2 Radiación global en Cuernavaca

La radiación global promedio de Cuernavaca es de 5.9 kWh/m² por día, de acuerdo a datos proporcionados por la plataforma RE explorer del Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL). (www.re-explorer.org/, 2020).

1.3.3 Horas solar pico en Cuernavaca

De acuerdo a un estudio realizado, por el Instituto de Investigaciones Eléctricas en su Guía de Usuario para Sistemas fotovoltaicos interconectados con la Red, aplicaciones en pequeña escala, las Horas Solar Pico correspondiente a la zona de Cuernavaca es equivalente a 6.07 HSP sobre el plano inclinado. (Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2010)

CAPÍTULO 2. MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO

El capítulo dos aborda los conceptos referentes al funcionamiento de un módulo fotovoltaico, su composición, características eléctricas, tipo de células, y los factores externos que influyen o alteran su funcionamiento.

2.1 Efecto fotoeléctrico y fotovoltaico

El efecto fotoeléctrico es el proceso en el cual un material metálico absorbe los fotones de luz que inciden sobre él, generando emisión de electrones, como se ve en la figura 2.1 (Rodríguez-Meza, M. A., & Cervantes-Cota, J. L., 2006).

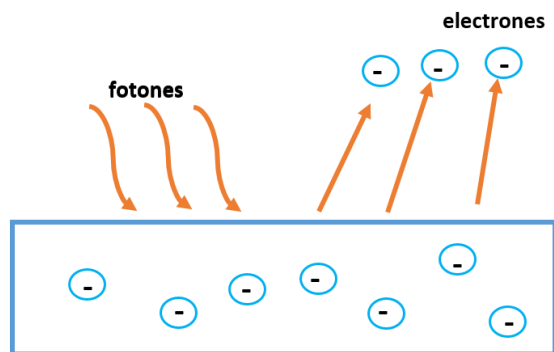


Figura 2.1 Efecto fotoeléctrico en un material metálico

El efecto fotovoltaico es la conversión de luz en electricidad.

Este proceso se lleva a cabo con materiales semiconductores, con dopajes tipo P y tipo N, en el cual, cuando los electrones en su estado libre generados por el efecto fotoeléctrico, son capturados, se produce una diferencia de potencial entre los dos puntos de dicho material y por ende una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad. (Formación, 2007).

2.2.1 Tipo de materiales eléctricos

Existen tres tipos de materiales:

Conductores: Son materiales generalmente metales, con poca resistencia al paso de corriente eléctrica, en donde los electrones de valencia (los electrones en el último nivel energético del átomo) están poco unidos al núcleo de los átomos y pueden moverse libremente por el material.

Semiconductores: Son materiales que se comportan dependiendo a ciertos factores a los que sean sometidos (como un campo eléctrico o a la temperatura), en conductores o en aislantes.

Sus electrones de valencia están ligados al núcleo, pero solo es necesario una pequeña cantidad de energía para que se comportan como conductores.

Aislantes: Son materiales con una alta resistencia al paso de corriente eléctrica, por lo que su conducción eléctrica es prácticamente nula.

Sus los electrones de valencia están muy ligados al núcleo, por lo que no pueden circular libremente a través del material y la energía necesaria para separarlos es muy grande. (Formación, 2007).

2.2.2 Material semiconductor

Un material semiconductor en su estado puro, se le denomina semiconductor intrínseco.

Cuando la luz solar incide sobre el material semiconductor, se rompen las uniones entre núcleo y los electrones de valencia, siendo liberados esos últimos, para posteriormente circular sobre el semiconductor.

El lugar que deja desocupado el electrón en estado libre se le llama “hueco” y tiene carga eléctrica positiva. (Formación, 2007).

El material semiconductor en esencia es neutro, ya que la cantidad de huecos y electrones sigue siendo la misma, estando en un equilibrio.

Para producir una corriente eléctrica que sea útil, se tiene que lograr extraer los electrones libres fuera del material antes de que estos vuelvan a recombinarse con los “huecos”.

Para lograrlo, se introduce en el material semiconductor elementos químicos que contribuyan a producir un exceso de huecos o electrones.

Estos elementos que alteran las propiedades eléctricas del material semiconductor en su estado puro, son llamados como dopantes y al proceso para introducirlos al semiconductor se llama dopado o dopaje. (Barrera, 2010).

2.2.3 Silicio

El material más utilizado en la fabricación de células solares es el silicio, material semiconductor que contiene cuatro electrones de valencia y es uno de los elementos con mayor abundancia en la corteza terrestre. (figura 2.2) (Formación, 2007).

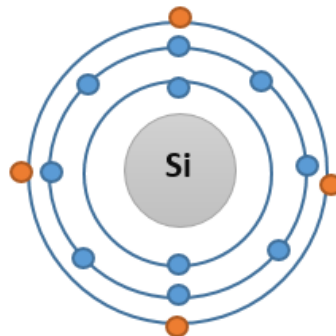


Figura 2.2 Átomo de silicio (Elaboración propia, Información Formación, 2007)

2.2.4 Unión P-N

Un dopante tipo P (positivo) es aquel en el que predominan los “huecos y por lo tanto es receptor de electrones.

Un dopante tipo P, es el boro, el cual tiene tres electrones de valencia, uno menos que el silicio, por tanto, cada átomo de boro puede unirse con solo tres átomos de silicio, dando lugar a dicho hueco (figura 2.3).

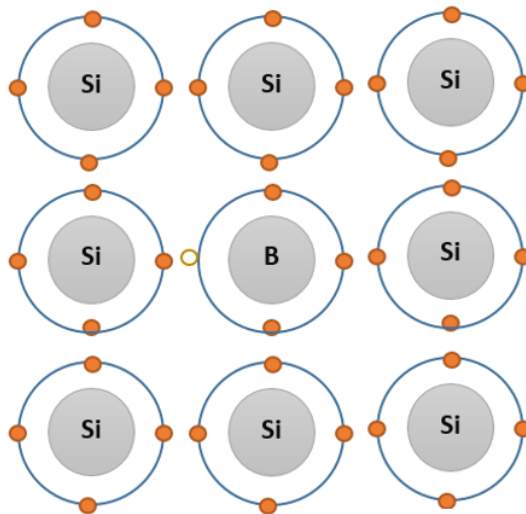


Figura 2.3 Semiconductor tipo P (Elaboración propia, Información Formación, 2007)

El dopante tipo N (negativo), es aquel en el que predomina un exceso de electrones, siendo por tanto un donador de estos mismos.

Un tipo de dopante tipo N para el silicio, es el fósforo, en este caso, al contar con un electrón de valencia de más que el silicio, el electrón sobrante queda en total libertad (figura 2.4). (Barrera, 2010).

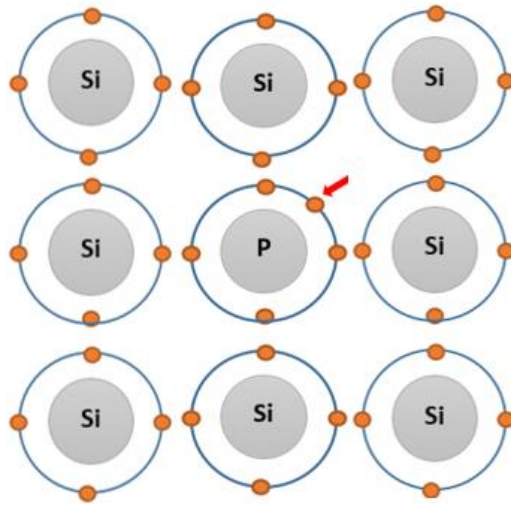


Figura 2.4 Semiconductor tipo N (Elaboración propia, Información Formación 2007)

A la unión que surge entre un semiconductor tipo P y un semiconductor tipo N, se le conoce como unión “P-N” (figura 2.5).

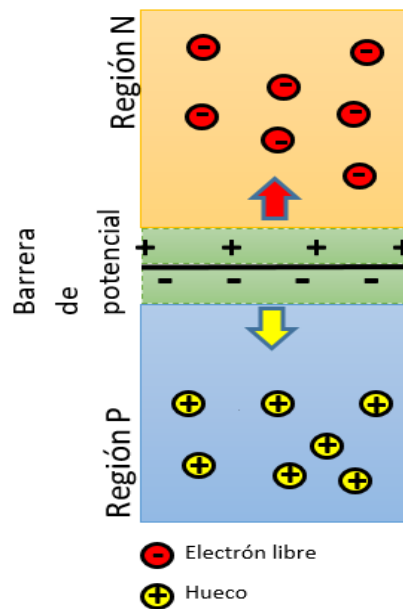


Figura 2.5 Unión P-N (Elaboración propia, Información Labarta, 2012)

En dicha unión, los electrones libres del material tipo “N” tienden a ocupar los huecos del material tipo “P” y viceversa, creándose así un campo eléctrico que se hace cada vez mayor a medida que los electrones y huecos continúan propagándose hacia lados opuestos, hasta llegar a un punto en el cual se obtiene un campo eléctrico permanente sin ayuda de campos eléctricos externos. (Formación, 2007).

Este campo eléctrico funciona como una barrera (barrera de potencial) ya que impedirá el flujo de electrones de la región N a la región P, manteniendo divididos a los portadores de carga en cada región.

Cabe destacar que una unión P-N sin conectar a un circuito exterior queda bloqueada y en equilibrio electrónico a temperatura constante. (Santamaría & Castejón, 2010).

2.3 Celda o célula solar fotovoltaica

La celda o célula solar fotovoltaica, es el componente fotovoltaico elemental más pequeño, formado por dos capas de semiconductores con dopados distintos (capa N y capa P). (Labarta, 2012).

Al incidir la luz solar sobre la capa N, se genera el mismo proceso de la unión entre semiconductores tipo P-N, explicado anteriormente, con la diferencia de que al ser conectada la unión de capas a un conductor y mientras la radiación proveniente del sol exista, forma un circuito eléctrico cerrado, circulando la corriente desde la capa P hasta la capa N. (Serrano, 2016).

Las características estándar de una célula fotovoltaica (con variaciones dependiendo el fabricante) son:

- Forma cuadrada, con una superficie de 100cm².
- Tensión de 0.5 -0.6 volts.
- Corriente suministradora de 3 A.

- Potencia generada con una aproximación a 1.5 W. (Serrano, 2016).

2.4 Módulo fotovoltaico

Un módulo fotovoltaico, es la composición de células fotovoltaicas conectadas eléctricamente entre sí, que pueden llegar a tener regularmente una superficie de hasta 2 m² y una potencia pico de 300 watts, incluso mayor. (Serrano, 2016).

La mayoría de los módulos fotovoltaicos tienen entre 36 y 96 células conectadas en serie. (Vallina, 2010).

2.4.1 Símbolo de módulo fotovoltaico

El símbolo eléctrico que se suele utilizar para representar gráficamente un módulo fotovoltaico es el que se muestra en la figura 2.6.

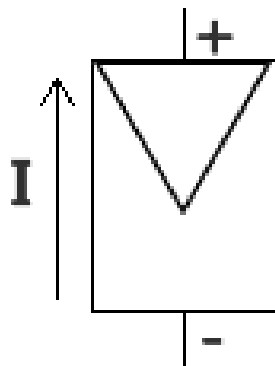


Figura 2.6 Símbolo de módulo fotovoltaico (CFE G0100-04, 2020)

2.4.2 Tipos de módulos fotovoltaicos

El material semiconductor con el que se fabrican las células puede ser de silicio monocristalino (tabla 2.1), silicio policristalino (tabla 2.2) o silicio amorfo (tabla 2.3).

Tabla 2.1 Módulo fotovoltaico de células de silicio monocristalino

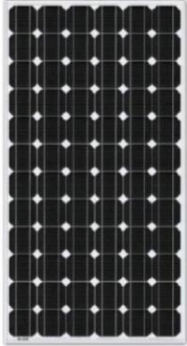
Tipo de módulo fotovoltaico	Eficiencia	Aspecto	Características
Silicio monocristalino:	19-20%		<p>Módulo cuyas células de silicio procede de un único cristal. Por tanto, la pureza es óptima y mejora su eficiencia.</p> <p>El costo en el mercado es considerablemente mayor a los policristalinos y amorfos.</p> <p>Por su absorción de radiación y su menor resistencia al sobrecalentamiento, son recomendables para lugares de clima frío.</p> <p>(www.sfe-solar.com/paneles-solares/tipos/, 2020)</p>

Tabla 2.2 Módulo fotovoltaico de células de silicio policristalino

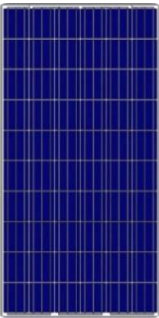

Tipo de módulo fotovoltaico	Eficiencia	Aspecto	Características
Silicio policristalino:	12-14%		<p>Módulo donde sus células proceden de muchos cristales de silicio pequeños, fundidos en grupo.</p> <p>No es tan puro como una célula monocristalina, y sus eficiencias y rendimientos son inferiores a un módulo monocristalino, pero de costo más accesible.</p> <p>Recomendables para lugares de clima cálido por su resistencia al sobrecalentamiento.</p> <p>(www.sfe-solar.com/paneles-solares/tipos/, 2020)</p>

Tabla 2.3 Módulo fotovoltaico de células de silicio amorfo

Tipo de módulo fotovoltaico	Eficiencia	Aspecto	Características
Silicio amorfo:	6-9%		<p>Los módulos de silicio amorfo no se conforman del conjunto de células individuales como en los módulos anteriores, sino en una lámina cortada, con líneas delgadas que delimitan sus células conectadas entre sí.</p> <p>La tecnología del silicio amorfo, tiene una eficiencia menor que los policristalinos, debido a la mala calidad del silicio utilizado.</p> <p>Su uso es muy limitado y su precio es el más bajo en el mercado.</p> <p>(www.sfe-solar.com/paneles-solares/tipos/, 2020)</p>

2.4.3 Partes de un módulo fotovoltaico

El modulo fotovoltaico está compuesto por las siguientes partes:

- Cubierta frontal: Fabricada con vidrio templado y con un grosor de tres o cuatro milímetros.

Debe proporcionar buena transmisión de radiación solar, con una gran transparencia y ser un medio de protección para las células contra los agentes atmosféricos (lluvia, granizo, arena, etc.). La superficie exterior de esta cubierta es antirreflexiva y antiadherente. (Serrano, 2016).

- Encapsulado: sirve para propiciar solidez a las células, estas se insertan en un material transparente que las aísla eléctricamente.

El encapsulado debe permitir la transmisión de la radiación solar y no degradarse con la luz ultravioleta.

Suelen emplearse el etileno vinil acetato (EVA) para su creación. (Serrano, 2016).

- Celdas o células: elementos que conectados entre sí forman el módulo. Aprovechándose del efecto fotovoltaico proveniente de la radiación solar que repercute en ellas, generan electricidad. (Serrano, 2016).
- Cubierta posterior: suele estar compuesto por polifluoruro de vinilo (PFV) o poliéster. Al igual que la cubierta frontal, sirve para proteger al módulo frente a los agentes atmosféricos y para aislarlo eléctricamente.
- Marco: Fabricado en aluminio anodizado o acero galvanizado por la mayor parte de fabricantes, proporciona rigidez y resistencia al módulo, disponiendo además de un sistema para su fijación. (Serrano, 2016).
- Caja de conexiones: se sitúan en la parte posterior del módulo, en una caja que los protege del polvo. Provistos con cables y conectores diferentes, para cada polo.

(Vallina, 2010)

Apreciándose mejor cada uno de sus componentes en la figura 2.7.

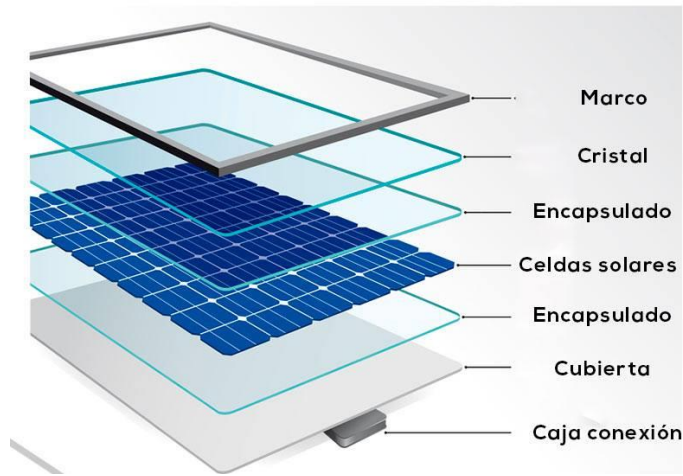


Figura 2.7 Partes de un módulo fotovoltaico, (<https://www.researchgate.net/>, 2020)

2.4.4 Condiciones de pruebas estándares

Las condiciones de prueba estándar (STC), es un estándar de la industria que indica el rendimiento de los módulos fotovoltaicos y especifica una temperatura de celda de 25 °C y una irradiancia de 1000W/m². (Fotovoltaica, 2009).

2.4.5 características eléctricas de un módulo fotovoltaico

La curva I-V de una célula fotovoltaica (Figura 2.8) representa los valores de tensión-intensidad en los que puede encontrarse funcionando la célula de un módulo fotovoltaico.

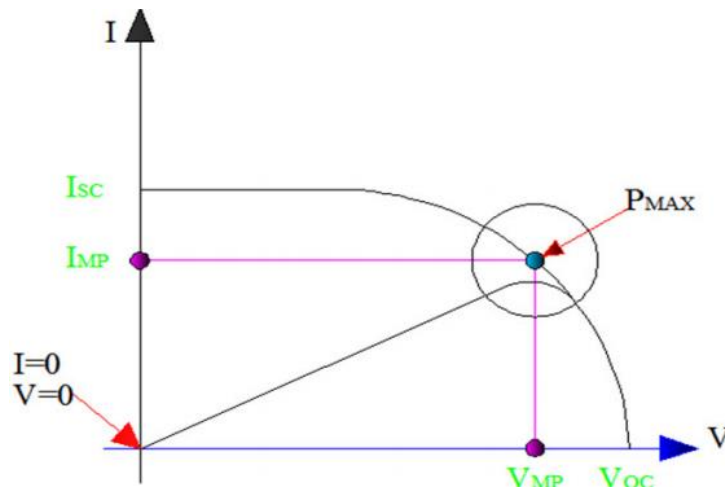


Figura 2.8 Curva I-V de una célula fotovoltaica,
 (<https://www.grupoelektra.es/blog/nota-tecnica-curva-caracteristica-v/>, 2021)

Los valores característicos son los siguientes:

- Corriente de cortocircuito (I_{CC} o I_{SC}): es aquella que se produce a una tensión de 0 volts (cortocircuito), es la intensidad máxima que se puede obtener de un módulo fotovoltaico. Su valor variará dependiendo de las condiciones atmosféricas de medida.
- Tensión de circuito abierto (V_{CA} o V_{OC}): es la tensión máxima del módulo, sin carga conectada, su valor variará en función de las condiciones atmosféricas.
- Potencia máxima o potencia pico (P_{MAX} o P_P) es la potencia máxima que puede suministrar el módulo, es el punto donde el producto intensidad y tensión es máxima, bajo las condiciones estándar de medida.
- Corriente en el punto de máxima potencia (I_{MP}): es la corriente producida cuando la potencia es máxima, bajo las condiciones estándar de medida.

- Voltaje en el punto de máxima potencia (V_{MP}): es la tensión producida cuando la potencia es máxima, bajo las condiciones estándar de medida.
- Eficiencia (%): este parámetro define la eficiencia de conversión (η), la cantidad de potencia de radiación incidente sobre el panel que es capaz de convertirse en potencia eléctrica.

(tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/, 2020)

2.4.6 Factores que afectan a los módulos fotovoltaicos

La vida útil estimada de un módulo solar es de 25 años.

La forzosa exposición de los módulos fotovoltaicos a la intemperie, para su aprovechamiento en la generación de electricidad como se ha explicado anteriormente, deteriora con el tiempo su confección, afectando el rendimiento de este mismo.

Este descenso de rendimiento se desarrolla de manera lenta por lo que regularmente se estima la vida útil de un módulo fotovoltaico en 25 años.

El clima es un factor importante ya que determina la producción anual de una celda fotovoltaica y por lo tanto su rentabilidad.

(<https://re-magazine.saunierduval.es/2019-05-31/como-afecta-el-clima-a-los-paneles-fotovoltaicos#>, 2019)

2.4.7 La irradiación en los módulos fotovoltaicos

Si la irradiación que incide sobre un módulo fotovoltaico aumenta, se produce el mismo incremento en la corriente de cortocircuito, y como consecuente,

también se refleja en la potencia generada como se ve en la figura 2.9 (Mateo, 2016).

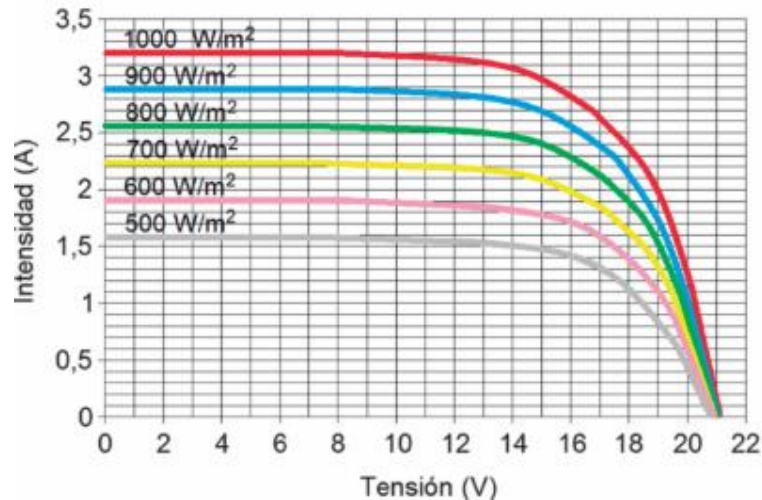


Figura 2.9 Curva de tensión- intensidad de los módulos en función de la irradiancia (Serrano,2016)

2.4.8 La temperatura ambiente en los módulos fotovoltaicos

Cuando la temperatura ambiente aumenta, también se produce un incremento en la temperatura de las células fotovoltaicas, ya que en esas condiciones la disipación del calor de estos dispositivos eléctricos, se reduce.

Debido a esto, se produce un descenso de la tensión sin carga, disminuyendo a la vez la potencia generada.

En la figura 2.10 se aprecia como al aumentar o disminuir la temperatura de las células, empeora o mejora su comportamiento, produciendo una menor o mayor potencia.

La potencia generada disminuye alrededor del 15% cuando aumenta la temperatura del módulo a partir de los 25°C hasta 60°C. (Mateo, 2016).

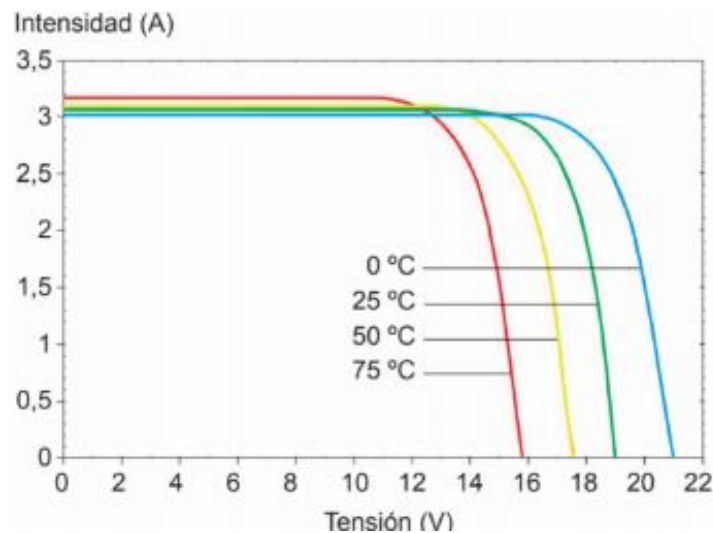


Figura 2.10 Curva de tensión- intensidad de los módulos en función de la temperatura del módulo (Serrano, 2016).

2.5 La temperatura mensual promedio en Cuernavaca

En la figura 2.11 se puede apreciar tanto la temperatura máxima promedio y la temperatura mínima promedio, mensual, en el municipio de Cuernavaca, de acuerdo a los datos arrojados por los Centros Nacionales de Información Ambiental (NCEI) perteneciente a La “Administración Nacional Oceánica y Atmosférica” (NOAA).

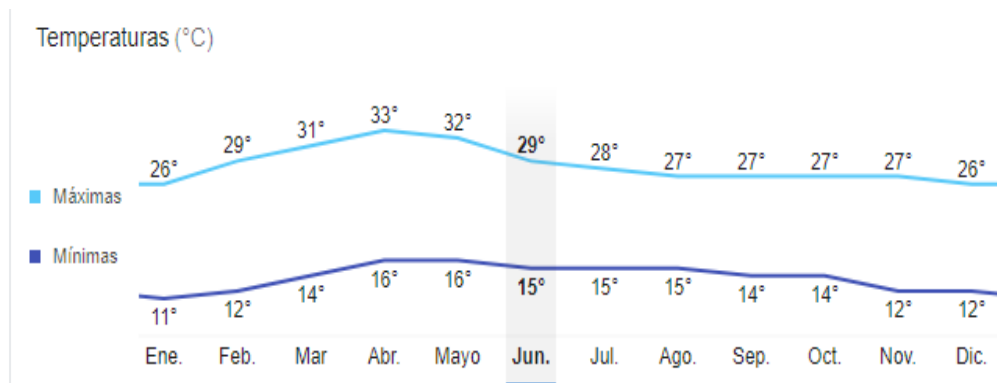


Figura 2.11 Temperatura máxima y temperatura mínima mensual promedio de Cuernavaca. (www.ncdc.noaa.gov/, 2020)

Se puede apreciar que Cuernavaca cuenta con una temperatura favorable para las instalaciones fotovoltaicas, con temperaturas que apenas rebasan los 30° C.

La temperatura ambiental media anual del municipio es de 21° C. (SENER *et al.* 2020)

2.5 El efecto sombra

Otro de los factores a tomar en cuenta a la hora de instalar un sistema fotovoltaico es la presencia de sombreado en los módulos fotovoltaicos. Cualquier sombra presente en el arreglo fotovoltaico, afectará a la generación de energía. (www.conermex.com.mx/blog-sombrasenpaneles.html, 2020)

Cuando el efecto del sombreado sucede en una célula o un conjunto de ellas, su funcionamiento cambia de generar electricidad a consumirla, provocando su sobrecalentamiento o daño permanente, conocido como Punto caliente o “*Hot Spot*”. (<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/efecto-de-las-sombras-en-un-panel-solar-fotovoltaico/>,2020)

2.5.1 Sombreado total y parcial en una celda fotovoltaica

Sombreado total: Donde un objeto bloquea totalmente la luz que puede recibir una celda solar. Este tipo de sombreados sólo se produce cuando un objeto opaco está muy cercano a una celda solar

Sombreado parcial: Donde un objeto bloquea sólo una porción de la luz solar disponible. Este tipo de sombreados es el más común en las instalaciones fotovoltaicas y se produce cuando cualquier objeto opaco o translúcido está situado frente a los módulos solares, pero a una distancia que no es capaz de bloquear totalmente la luz solar. (www.conermex.com.mx/blog-sombrasenpaneles.html, 2020)

2.6 Panel fotovoltaico

Es la asociación de varios módulos, de forma que van colocados sobre una misma estructura. (Serrano, 2016).

2.7 Cadena (String)

Conjunto de varios paneles conectados en serie. (Serrano, 2016).

2.8 Generador fotovoltaico

Conjunto de cadenas que se conectan en paralelo, donde la potencia del generador es la suma de las potencias individuales de los módulos. (Serrano, 2016).

CAPÍTULO 3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

El capítulo tres aborda el tipo de instalaciones fotovoltaicas aplicables para satisfacer las necesidades de una casa habitación, sus características principales, los elementos y dispositivos que la conforman, así como las formas disponibles para su conexión y anclaje, además de los modelos de contratos de contraprestación que ofrece CFE.

3.1 Tipo de instalación fotovoltaicas

Dentro de la clasificación de las instalaciones fotovoltaicas, la más importante es relativa a su estado con respecto a la red pública de distribución de energía eléctrica.

En este sentido se distinguen entre instalaciones aisladas de red y las instalaciones conectadas a red. (Labarta, 2012).

La combinación entre ambas instalaciones, es considerada a veces como una tercera opción, denominándose como instalación híbrida.

3.1.1 instalación fotovoltaica aislada

Una instalación fotovoltaica aislada (figura 3.1), es de autosuficiencia, ya que no existe conexión eléctrica con la red de distribución.

Como una de sus características principales es el de contar con una capacidad de acumulación energética (baterías), en las situaciones en donde exista un excedente de energía generada o para garantizar el suministro durante las noches y los días de poco sol. (Labarta, 2012).

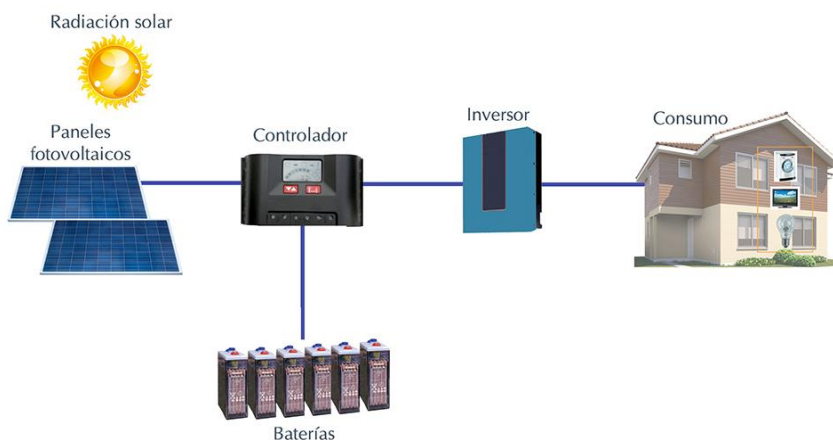


Figura 3.1 Instalación fotovoltaica aislada (Labarta, 2012).

Tomando en cuenta los aspectos mencionados de las instalaciones fotovoltaicas aisladas, es entendible que sean más rentables en zonas rurales o de difícil acceso.

3.1.2 Instalación fotovoltaica conectada a red

Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red (Figura 3.2), tienen como finalidad la generación de energía eléctrica para su autoconsumo o para su venta a una empresa suministradora y su posterior incorporación a la red eléctrica nacional.

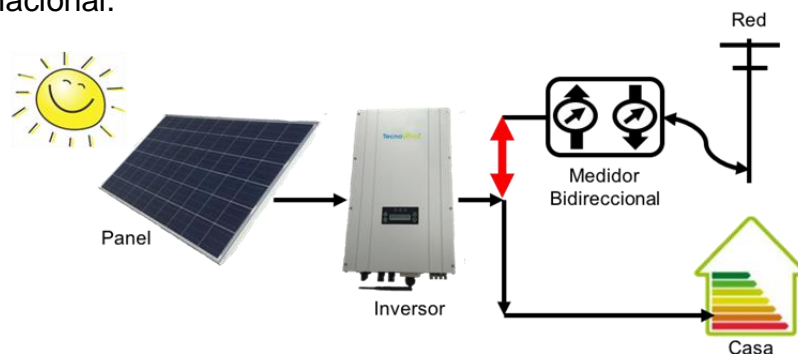


Figura 3.2 Instalación fotovoltaica conectada a red (<https://tecnoverde.cl/4-2-1-sistema-fotovoltaico-conectado-a-la-red/>, 2020)

En este tipo de instalaciones no existen baterías de acumulación ni regulador de carga, siendo el inversor el componente de mayor relevancia. (Labarta, 2012).

3.1.3 Instalación fotovoltaica conectada a red de autoconsumo

La modalidad de este tipo de instalación denominada “autoconsumo”, no consiste en la venta total de la energía eléctrica generada a una compañía suministradora, sino en el ahorro del gasto energético de la red a la que el usuario pertenece y por ende a su factura de luz.

De este modo se procura aprovechar al máximo el recurso solar, consumiendo la energía generada por la instalación fotovoltaica durante el día y delegando el uso de la energía de la red eléctrica durante la noche. (<https://www.otovo.es/blog/autoconsumo/autoconsumo-electrico-conectado-o-aislado/>, 2022)

3.2 Elementos de una instalación fotovoltaica conectada a red

3.2.1 inversor

Un inversor fotovoltaico es un dispositivo que transforma la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna, el tipo de corriente que se utiliza para satisfacer el consumo de energía eléctrica en las viviendas, para ser almacenada en baterías o para verter en la red.

(sotysolar.es/placas-solares/inversor-solar-que-son-que-tipos-existen, 2020)

Los inversores para conexión a red incluyen un sistema de medición que registra el funcionamiento de la instalación fotovoltaica en tiempo real. (Serrano, 2016).

3.2.2 Medidor bidireccional

Este tipo de medidor es similar al medidor que tradicionalmente proporciona la Comisión Federal de Electricidad, con la excepción de que tiene la capacidad de diferenciar entre la energía que la empresa suministra a la vivienda y la energía que entregan los paneles solares cuando no es consumida en su totalidad por el usuario.

Un medidor bidireccional funciona de la siguiente forma:

Durante el día se produce la energía eléctrica con los paneles solares fotovoltaicos, el medidor se encarga de calcular esta energía generada y restarla al consumo del servicio de luz.

Si los paneles solares no producen suficiente energía para las necesidades del usuario de la casa, se consume energía adicional de CFE.

Al contrario, si los paneles producen energía excedente, esta se envía a la red de CFE.

Al final del mes o bimestre se hace el balance y dependiendo del consumo, la factura puede tener un saldo a favor si el sistema fotovoltaico del usuario produjo mucha energía, o negativo si dependió de forma considerable de la energía proveniente de CFE. (<https://ccee.mx/blog/energia-solar-fotovoltaica/como-funciona-el-medidor-bidireccional-de-cfe>, 2020)

3.3.1 Tipo de inversores

Los inversores que se utilizan en las instalaciones fotovoltaicas se dividen en tres tipos, los inversores String o de cadena, los microinversores y los optimizadores de potencia.

(<https://atersa.shop/como-elegir-un-inversor-para-paneles-solares/>, 2020)

3.3.2 Inversores String o de cadena

La mayoría de los sistemas de generación de energía solar fotovoltaica a pequeña escala, utilizan un inversor de cadena, también conocido como inversor “centralizado”.

En una instalación de autoconsumo, cada módulo se conecta en serie, cuando estos producen energía, la totalidad de esta, se envía a un solo inversor.

(Figura 3.3)

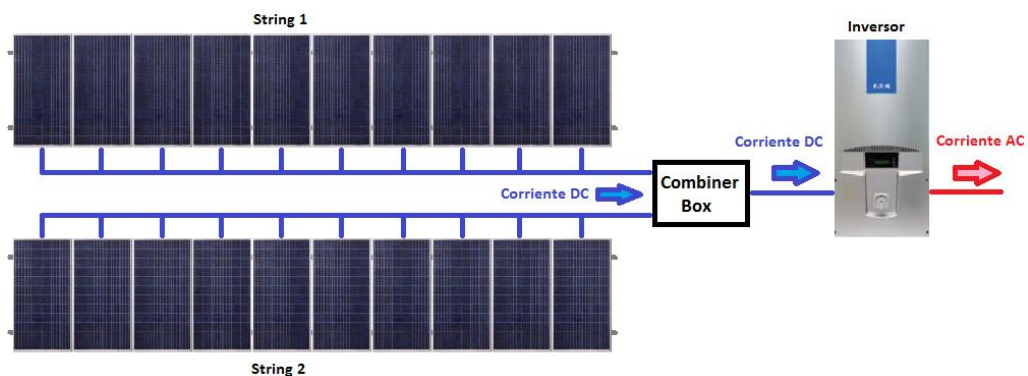


Figura 3.3 Inversor de Cadena o String.

(<https://www.thermokold.com.mx/diferencia-entre-un-inversor-y-un-microinversor/>, 2020)

El inversor convierte toda la energía que generan los paneles solares en electricidad a utilizar en el hogar.

Este inversor es utilizado para viviendas con cubiertas sin obstáculos, que reciben radiación constantemente durante todo el día, y para usuarios que buscan sistemas fotovoltaicos de precios más accesibles para su bolsillo.

(<https://atersa.shop/como-elegir-un-inversor-para-paneles-solares/>, 2020)

3.3.3 Microinversores

Los microinversores son inversores “distribuidos”. En las instalaciones fotovoltaicas con microinversores cada módulo tiene un pequeño inversor solar instalado. En lugar de enviar energía desde los módulos hasta un único inversor central, los sistemas de microinversores convierten la energía solar de corriente continua en energía de corriente alterna en la misma cubierta (Figura 3.4).

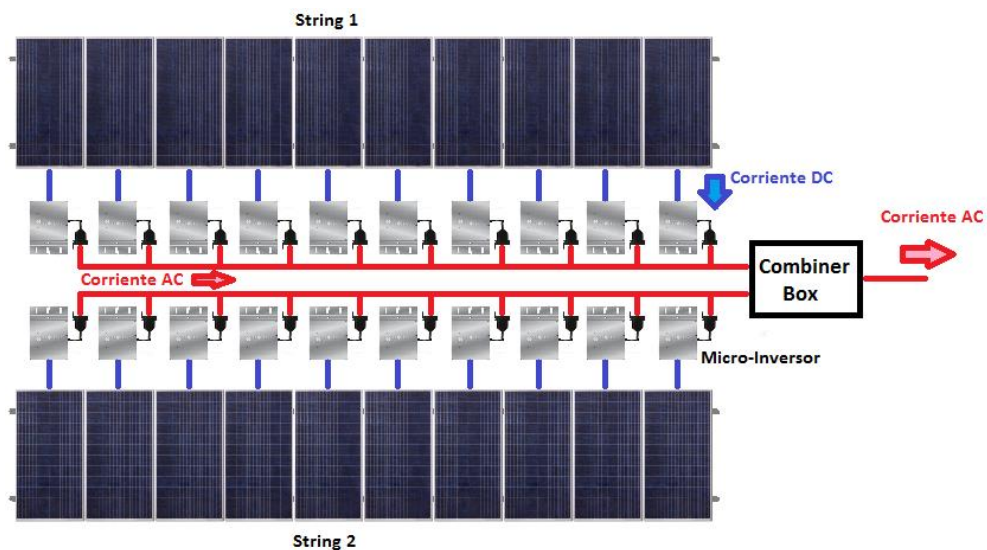


Figura 3.4 Mircoinversor. (<https://www.thermokold.com.mx/diferencia-entre-un-inversor-y-un-microinversor/>, 2020)

Este tipo de inversores suele utilizarse para paneles solares con diferentes orientaciones, con el objetivo de maximizar la producción de energía solar, y

viviendas que cuentan con cubiertas “complicadas” u objetos que originen sombreado, donde su reubicación sea poco viable para el usuario.

(<https://atersa.shop/como-elegir-un-inversor-para-paneles-solares/>, 2020)

3.3.4 Optimizadores de potencia

Los optimizadores de potencia pueden considerarse como un término medio entre los inversores de cadena y los microinversores.

Al igual que los microinversores, los optimizadores de potencia se encuentran junto o integrado con los módulos solares individuales. Sin embargo, los sistemas con optimizadores de potencia siguen enviando energía a un inversor central.

Funciona de forma diferente al inversor, ya que el primero busca el punto de máxima potencia teniendo en cuenta la potencia del conjunto de paneles fotovoltaicos; mientras que el segundo actúa sobre cada módulo fotovoltaico, lo que aumenta la precisión en la localización del punto de máxima potencia (Figura 3.5).

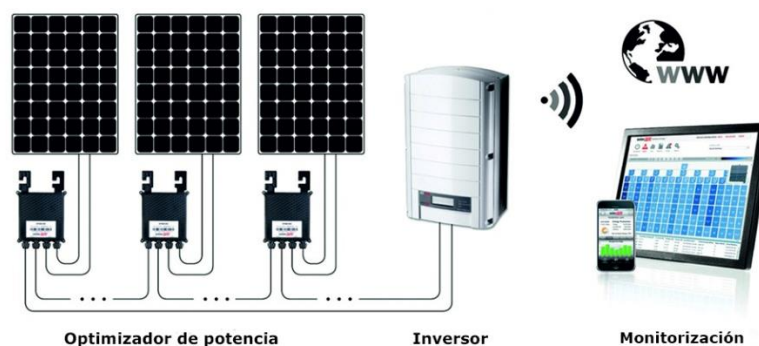


Figura 3.5 Optimizador de potencia.

(<https://cambiosolardotorg.wordpress.com/inversor-central-con-optimizadores/>, 2020)

Este tipo de dispositivo es recomendado para los usuarios que están dispuestos a invertir más monetariamente para aumentar la eficiencia de su sistema de paneles solares, pero que no quieren adquirir microinversores.

Con los optimizadores de potencia se consigue que algunas limitaciones como el sombreado, se reduzcan.

(<https://atersa.shop/como-elegir-un-inversor-para-paneles-solares/>, 2020)

3.4 Conexión de módulos fotovoltaicos

La forma de realizar la conexión de los módulos fotovoltaicos puede variar las condiciones del rendimiento de la instalación contemplada.

Al dimensionar el consumo de la casa habitación, se debe encontrar un punto de equilibrio entre voltaje y amperes para garantizar el buen funcionamiento del sistema.

Dependiendo de las características del equipo seleccionado y del tamaño del sistema, se puede decidir conectar los módulos solares fotovoltaicos en serie, en paralelo o en una combinación de ambas, es decir mixta.

(<https://sotysolar.es/placas-solares/instalacion/serie-o-paralelo> ,2021)

3.4.1 Conexión en serie

Los módulos se conectan en serie, conectando cada panel entre sí de forma directa formando una cadena o “string”, es decir, se conecta el polo positivo de un módulo con el polo negativo del siguiente y así sucesivamente como se observa en la figura 3.6

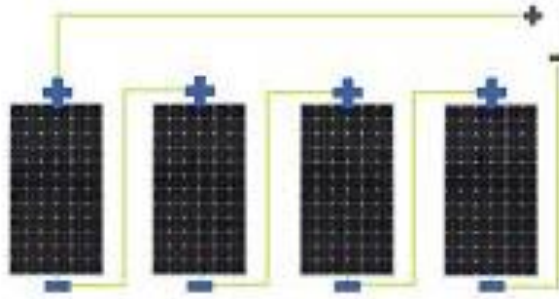


Figura 3.6 Conexión en serie (<https://suministrosdelsol.com/es/Blog/potencia-segun-tipo-de-conexion-en-paneles-solares-b11.html>, 2020)

Cabe destacar que en este arreglo:

- Se suma el voltaje de todos y cada uno de los paneles solares.
- El valor de la corriente de los módulos fotovoltaicas permanece constante

(<https://sotysolar.es/placas-solares/instalacion/serie-o-paralelo>,2020)

3.4.2 Conexión en paralelo

Los módulos se conectan en paralelo, conectándose todos los polos positivos por un conductor y todos los polos negativos por otro totalmente diferente (Figura 3.7).

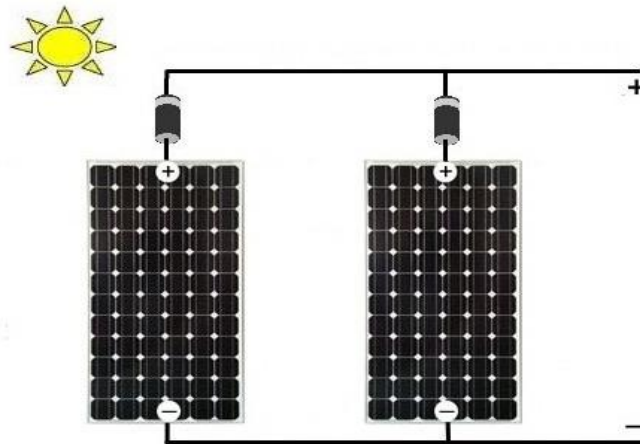


Figura 3.7 Conexión en paralelo (<https://www.mpptsolar.com/es/paneles-solares-serie.html>, 2020)

Cabe destacar que en este arreglo:

- Se suma la corriente de cada módulo perteneciente al sistema.
- La tensión o voltaje permanece igual y constante.

(<https://sotysolar.es/placas-solares/instalacion/serie-o-paralelo>,2021)

3.4.5 Caja combinadora fotovoltaica (Combiner Box)

Es un dispositivo, que permití unir los conductores positivos y negativos de varias cadenas de paneles fotovoltaicos, para formar un único par de conductores de salida con dirección al inversor.

Dentro de ellas se pueden integrar otros componentes de monitoreo, control o protección.(<https://www.electrícola.com/combiner-box/>,2020)

3.5 Estructura de soporte de paneles solares

3.5.1Tipos de estructuras

Existen tres tipos principales de estructuras que dan soporte y fijación a la instalación para módulos fotovoltaicos

- Estructuras fijas no ajustables

Las estructuras fijas no ajustables tienen la misma posición todo el año (su inclinación no varía). Debido a la simplicidad de su diseño, son las más económicas.

- Estructuras fijas ajustables

Las estructuras fijas ajustables poseen dos o más posiciones con las que es posible controlar su inclinación, de manera manual, dependiendo la época del año o situaciones en la que el usuario crea pertinente.

Su coste es superior a las estructuras fijas no ajustables, pero con un evidente mayor rendimiento.

- Estructuras móviles

Las estructuras móviles tienen un eje o un accionamiento motorizado con el cual siguen la trayectoria del sol, de manera que los rayos incidan de forma perpendicular a los módulos en todo momento.

Son estructuras más complejas y costosas, pero aprovechan mejor la radiación solar, rentables para grandes instalaciones.

(Serrano, 2016).

3.5.2Tipos de estructuras fijas

Las estructuras fijas pueden clasificarse en función de su zona de instalación

- Estructuras en el suelo

Las estructuras en el suelo son la forma más sencilla de instalar y mantener, además de que tienen mayor protección de la acción del viento.

La desventaja es su fácil exposición para el robo de componentes o vandalismo, además de tener una mayor probabilidad de sombreado sobre los módulos.

- Estructuras de poste

En la estructura de poste, la dimensión y la cantidad de módulos a utilizar se ve restringida, ya que, de ser muy grandes o ser demasiados, se necesitará una estructura y un diseño de poste lo bastante robusto para resistir la totalidad de la instalación, con un costo poco económico para el usuario.

- Estructuras de fachada

Las estructuras ancladas a fachadas son implementadas usualmente en viviendas o edificios que no poseen de una cubierta idónea para colocar módulos sobre ellas, pero que cuentan con una fachada o pared orientadas adecuadamente para fijar directamente los módulos, con escaso esfuerzo.

- Estructuras sobre cubierta

La instalación de estructuras sobre tejados o cubiertas horizontales, tiene la ventaja de posicionar de manera eficaz los módulos y que su ángulo de inclinación sea el indicado.

En esta instalación, es más difícil que los módulos se vean afectados por las sombras, por el robo de sus componentes o vandalismo.

El anclaje de la estructura en cubierta forzosamente debe ser impermeabilizados para evitar que la entrada de agua a la casa origine daños a las pertenencias de los residentes o molestia de los mismos.

(Serrano, 2016).

3.6 Modelos de contratos de contraprestación de la energía entregada a las Redes Generales de Distribución en México

De acuerdo a la Comisión Federal de electricidad, para realizar el contrato de interconexión con la empresa, se cuenta con 3 modelos de contratos de contraprestación de la energía entregada a las Redes Generales de Distribución:

- Medición Neta de Energía (Net Metering)

El cliente consume y genera energía en un mismo contrato de suministro.

Esta energía se compensa entre sí, restándose al consumo del usuario, para emitir una sola facturación. (CFE, 2020)

La ventaja de este modelo a nivel doméstico, es el ajuste que se le puede generar, de acuerdo a las necesidades del consumo del usuario, generando un ahorro y rentabilizando la instalación fotovoltaica.

Además de que el usuario no necesita un conocimiento avanzado sobre el mercado eléctrico como en los dos modelos restantes. (<https://www.enlight.mx/conoce-los-esquemas-de-interconexion-que-existen-en-mexico/>, 2022)

- Facturación Neta (Net Billing)

La energía consumida que CFE factura al cliente es independiente de la energía que el cliente genera y vende a CFE; es decir, no se compensa. Se debe de asociar a un contrato de suministro. (CFE, 2020)

Este modelo no cuenta con alguna ventaja frente al Net Metering, ya que el Precio Marginal Local (PML) en el nodo de interconexión, al cual se paga la energía inyectada por la instalación fotovoltaica, es menor al precio de las

tarifas eléctricas. (<https://www.enlight.mx/conoce-los-esquemas-de-interconexion-que-existen-en-mexico/>, 2022)

- Venta total de Energía

El cliente vende a CFE toda la energía generada. No existe un contrato de suministro del cliente con CFE. (CFE, 2020)

En este modelo no es muy popular, debido a que el costo de la inversión del sistema fotovoltaico, se recupera mucho tiempo después, ya que el precio pagado por la electricidad es muy pequeño. (<https://www.enlight.mx/conoce-los-esquemas-de-interconexion-que-existen-en-mexico/>, 2022)

CAPÍTULO 4. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

FOTOVOLTAICA

En el capítulo cuatro se realiza una serie de cálculos y estimaciones para dimensionar instalación fotovoltaica, así como determinar sus dispositivos necesarios para satisfacer el consumo de la casa habitación en cuestión, tomando en cuenta su ubicación y las características de la zona de instalación.

4.1 Zona de instalación

El municipio de Cuernavaca, como capital del estado de Morelos, es altamente urbanizado con el 95 % de sus pobladores viviendo en la zona urbanizada de los cuales 96% tienen acceso a la electricidad. (SENER *et al.*2020)

La casa habitación que se está tomando como base en esta investigación, pertenece a la zona conocida como Ampliación Chamilpa, habitada por cuatro integrantes

Tiene un largo de 10.95 m de ancho y 7.5 metros de largo, dando un total de 82.125 m² como se aprecia en la figura 4.1.

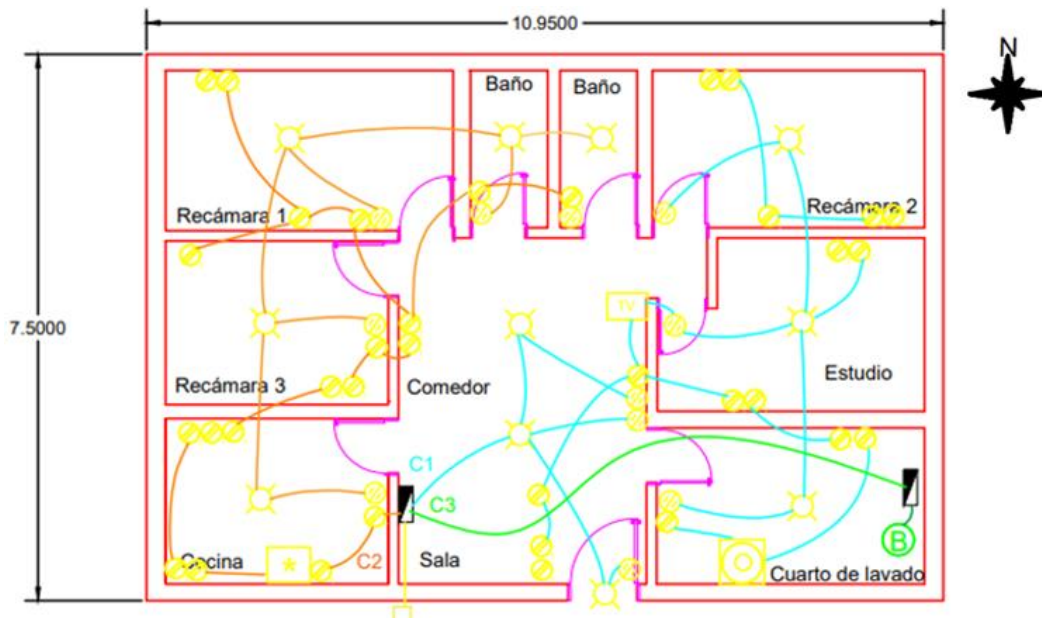


Figura 4.1 Dimensión de casa habitación en zona Ampliación Chamilpa

La azotea (cubierta) es de forma totalmente horizontal con dimensiones de 11.8 m de ancho y 8.3 m de largo, dando un área total de 97.94 m² como se ve en la figura 4.2.

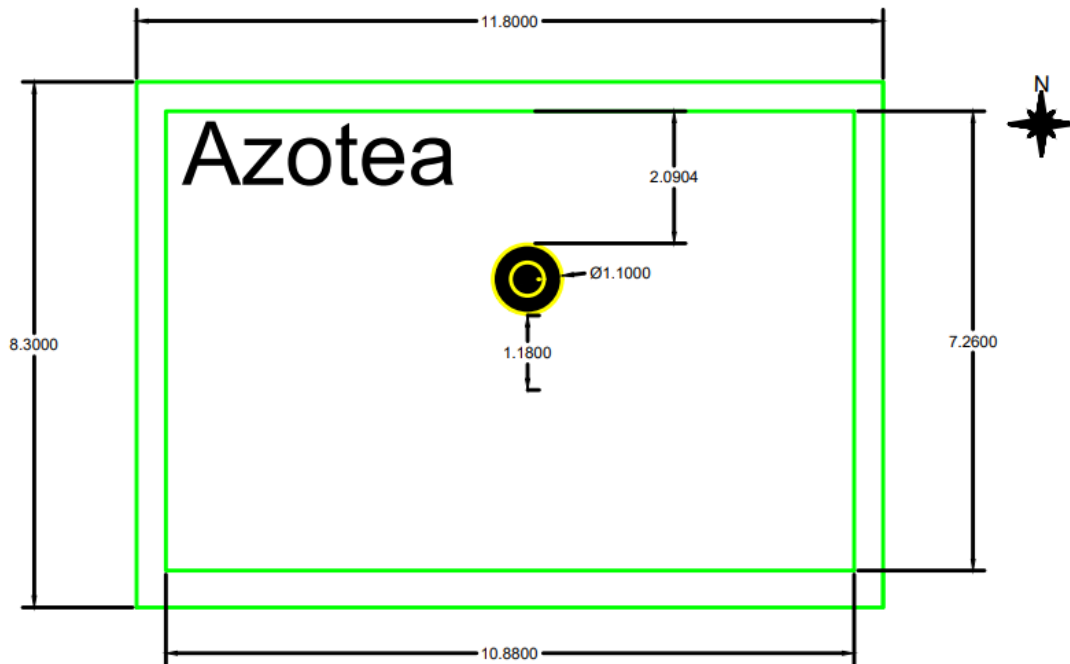


Figura 4.2 Dimensión de Azotea de la casa habitación en zona Ampliación Chamilpa

Se escogió la azotea como la zona en la cual se posicionará la instalación fotovoltaica conectada a red, dado que es el lugar con mayor área disponible que no presenta un obstáculo al usuario, donde existe menos probabilidad de que los módulos reciban sombreado por parte de los edificios, estructuras o árboles a su alrededor y para minimizar la probabilidad de robo o vandalismo de esta.

4.2 Estimación de consumo eléctrico diario

El consumo eléctrico de la casa habitación depende los electrodomésticos con los que se cuentan y el tiempo de su uso de cada uno durante el transcurso del día.

Debido a que no fue posible obtener los registros de consumo del usuario de la casa habitación, se realiza dicha estimación, siendo requerido, la potencia que consume cada aparato o electrodoméstico como se ve en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Consumo de potencia de electrodomésticos y aparatos eléctricos

Electrodoméstico	Potencia (w)
Refrigerador estándar	127
Horno de microondas	1200
Licudora	400
Cafetera	750
Estéreo musical	75
Computadora de escritorio	300
Televisor	200
Ventilador de pedestal o torre	70
Secadora	1600
Lavadora	400
Plancha	1000
Bomba de agua	400
Laptop	50
Teléfono	25
Teléfono celular	5
Luminaria	14

Teniendo como base la información anterior, se puede realizar los cálculos para obtener una estimación del consumo diario de la casa habitación, de acuerdo su tiempo promedio de uso.

Para obtener el consumo diario total de la casa habitación, por cada electrodoméstico y aparato utilizado, se utiliza la fórmula 4.1

$$\text{Consumo total} = (\text{potencia} * \text{numero de equipos} * \text{horas al dia} * \text{numero de dias})/7 \quad (4.1)$$

De acuerdo a las necesidades de los residentes, se obtuvieron los datos plasmados en la tabla 4.2, donde además se apreciar la potencia máxima total empleada y el consumo diario de energía total.

Tabla 4.2 Estimación promedio del consumo diario de una casa habitación de Cuernavaca Morelos

Electrodoméstico	Número de Equipos	Potencia (W)	Horas al día	Número de días	Consumo total (W-h/día)
Refrigerador estándar	1	127	8	7	1016
Horno de microondas	1	1200	0.083	2	28.45
Licuadaora	1	400	0.25	7	100
Cafetera	1	750	0.25	4	107.14
Estéreo musical	1	75	2	1	21.42
Computadora de escritorio	1	300	3	7	900
Televisor	1	200	3	7	600
Ventilador de pedestal o torre	1	70	1	1	10
Secadora	1	1600	0.083	4	75.88
Lavadora	1	400	2	1	114.28
Plancha	1	1000	1	1	142.85
Bomba de agua	1	400	0.5	2	57.14
Laptop	2	50	3	7	300
Teléfono	1	25	24	7	600
Teléfono celular	3	5	3	7	45
Luminaria Ahorradora fluorescente	11	14	5.5	7	847
	Potencia total	6616		Consumo de energía total	4965.16

4.3 Selección de Modelo de contrato de contraprestación de energía

Se seleccionó el “Modelo de contrato de contraprestación de energía Net Metering” para baja tensión en este proyecto, emitido por CFE para usuarios con servicio de uso residencial.

(<https://www.cfe.mx/industria/nuevocontrato/pages/contratos-de-interconexion.aspx>, 2020)

De acuerdo al Diario Oficial de la Federación (DOF), el pago del servicio aplicado para este modelo, se calculará entre la diferencia de la energía consumida por la red, y la energía entregada por el sistema fotovoltaico.

Si la energía entregada por el sistema fotovoltaico es igual a la utilizada por la red, se cobrará lo mínimo, en caso de ser mayor, el saldo a favor restante se abona al siguiente bimestre, hasta un máximo de 12 meses. (DOF: 07/03/2017)

4.4 Selección de módulos fotovoltaicos

Para la selección del módulo fotovoltaica, se tomó la decisión entre los modelos comerciales que se muestran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Modelos de módulos fotovoltaicos comerciales

Modelo	V_{mp} (V)	V_{oc} (V)	I_{mp} (A)	I_{cc} (A)	Potencia (W)	Precio (MX)
JAP72S01 -330/SC	37.65	46.40	8.77	9.28	330	3900
IUSASOLPV-01-250	29.7	37.3	8.07	8.73	250	3917
ET-M660275WWW/WB 275W	30.97	39.08	8.88	9.14	275	3849

Eligiéndose el modelo JAP72S01 -330/SC, tomando en cuenta la potencia que generan, sus dimensiones, el número que se requiere, y su precio en el mercado.

Todos los modelos de módulos fotovoltaicos registrados en la tabla 4.3, son de células policristalinas, considerando el costo-beneficio que proporcionan y su menor sobrecalentamiento en climas calurosos, en comparación a los módulos de células monocristalinas.

4.5 Número total de módulos en la instalación solar fotovoltaica conectada a red

Para el cálculo de una instalación fotovoltaica conectada a red, la potencia viene impuesta por el consumo que hay satisfacer, en este caso redondeando el consumo obtenido en la tabla 4.2, de 4965.16 Wh/día a uno de 5000 Wh/día.

Para calcular el número de módulos totales necesarios en la instalación es necesario aplicar la expresión 4.2

$$N_T = \frac{E}{HSP * P_p * \eta_m} \quad (4.2)$$

Donde

N_T = número de modulos total en la instalación

E = consumo total real diario ($\frac{wh}{día}$)

HSP = horas solar pico

P_p = potencia pico del módulo

η_m = rendimiento del módulo, asumiendo que es $\eta_m = 0.9$, debido a suciedad en sus superficie, reflexión, tolerancia, etcétera.

(Serrano, 2016).

La potencia pico del módulo fotovoltaico se obtiene con la expresión 4.3

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

Donde:

I_{mp} = corriente en el punto máxima potencia

V_{mp} = voltaje en el punto máxima potencia

(Serrano, 2016).

Teniendo en cuenta los datos del módulo JAP72S01 -330/SC se obtiene que

$$P_p = 8.77A * 37.65 V$$

$$P_p = 330.19 W$$

Por lo que el número total de paneles que ocupara la instalación es de

$$N_T = \frac{5000W}{6.07 * 330.19W * 0.9}$$

$$N_T = 2.77 \approx 3$$

La energía media suministrada en un determinado día, E_G (en Wh/día), por un generador fotovoltaico se calcula con la expresión 4.4

$$E_G = HSP * P_p * N_T * \eta_m \quad (4.4)$$

Donde:

E_G = Energía media suministrada en un determinado día

HSP = horas solar pico

P_P = potencia pico del módulo

N_T = número de módulos total en la instalación

η_m = rendimiento del módulo, asumiendo que es η_m

= 0.9, debido a suciedad en sus superficie, reflexión, tolerancia, etcétera.

(Serrano, 2016).

Teniendo una energía media suministrada por la instalación fotovoltaica de los tres módulos del modelo JAP72S01 -330/SC:

$$E_G = 6.07 * 330.19 W * 3 * 0.9$$

$$E_G = 5411.48 Wh/día$$

La potencia pico o potencia máxima de la instalación fotovoltaica, P_{Gmp} se obtiene de la expresión 4.5.

$$P_{Gmp} = N_t * P_P$$

(4.5)

Dando como resultado un total de

$$P_{Gmp} = 3 * 330.19$$

$$P_{Gmp} = 990.57 W$$

4.6 Conexión de los módulos fotovoltaicos

De acuerdo al Proyecto de Norma Oficial Mexicana 2018 PROY-NOM-001-SEDE-2018, 600 V es la máxima tensión en corriente directa de la instalación fotovoltaica.

Siendo una instalación de pequeña escala, que consta de tres módulos fotovoltaicos, se consideró una conexión en serie de los tres componentes, como se muestra en la figura 4.3, al considerarse innecesario la conexión en paralelo.

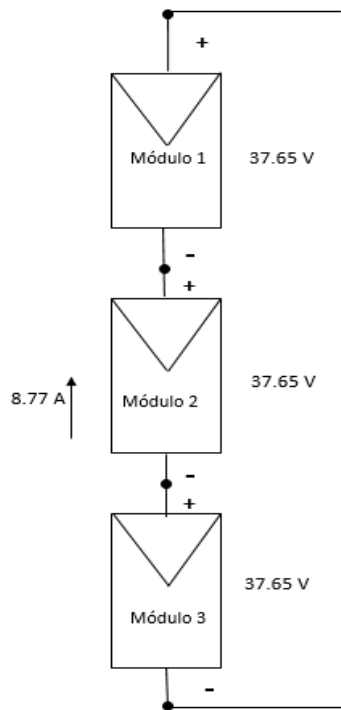


Figura 4.3 Conexión en serie de los módulos fotovoltaicos

Como se vio en capítulos anteriores, al estar todos ellos conectados en serie, la intensidad en el punto máximo de potencia de la instalación fotovoltaica es igual a la intensidad en el punto de máxima potencia individual del módulo seleccionado:

$$I_{Gmp} = 8.77A$$

Mientras que para obtener el voltaje en el máximo punto de potencia es la multiplicación del número de módulos en serie por el voltaje de uno solo, como se muestra en la expresión 4.6

$$V_{Gmp} = N_S * V_{mp} \tag{4.6}$$

Donde

V_{Gmp} = Voltaje de la intalacion fotovoltaica en el punto de maxima potencia

N_S = Número de modulos conectados en serie

V_{mp} = Voltaje de módulo fotovoltaico en el punto de máxima potencia

(Serrano, 2016).

Teniendo una tensión en el punto de máxima potencia de la instalación fotovoltaica con valor de

$$V_{Gmp} = 37.65 V * 3$$

$$V_{Gmp} = 112.95 V$$

Encontrándose en el rango de voltaje establecido.

La corriente de cortocircuito de la instalación fotovoltaica se obtiene multiplicando el número de módulos conectados en paralelo por la corriente de cortocircuito de uno de ellos como se ve en la expresión 4.7

$$I_{Gsc} = N_P * I_{cc}$$

(4.7)

(Serrano, 2016).

Debido a la existencia de un único arreglo en serie, la corriente de cortocircuito es equivalente a la corriente de cortocircuito de un solo módulo JAP72S01 - 330/SC.

$$I_{Gsc} = 9.28 A$$

La tensión en circuito abierto de la instalación fotovoltaica es el resultado del producto del número de módulos conectados en serie y la tensión en circuito abierto individual de uno de estos como se observa en la ecuación 4.8

$$V_{Goc} = N_s * V_{oc}$$

(4.8)

(Serrano, 2016).

Los valores obtenidos de la tensión en circuito abierto de la instalación fotovoltaica son de

$$V_{Goc} = 3 * 46.40$$

$$V_{Goc} = 139.2 V$$

4.7 Orientación de los módulos fotovoltaicos

Un módulo fotovoltaico recibe la mayor cantidad de energía solar posible cuando los rayos solares inciden sobre este de forma perpendicular.

En la mayoría de los casos, en el cual este no es la excepción, la posición del módulo fotovoltaico se fijará todo el año, debido al costo superior que supone implementar instalaciones fotovoltaicas con seguidor solar.

Un panel solar instalado en el hemisferio norte del planeta deberá colocarse mirando con dirección al sur y un panel solar instalado en el hemisferio sur se deberá colocar mirando al norte. (Mateo, 2016).

Para determinar la inclinación óptima que garantiza la máxima captación de energía anual se utiliza la ecuación 4.9

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * |\phi| \quad (4.9)$$

Donde:

β_{opt} = inclinación óptima para maximizar la captación de energía anual

$|\phi|$ = Latitud del lugar

(Serrano, 2016).

No obstante, la inclinación del módulo fotovoltaico, no debe ser menor a 15° en ninguno de los casos, para permitir que la suciedad acumulada en la superficie sea retirada por el agua de lluvia. (Mateo, 2016).

La superficie de la azotea es totalmente plana, por lo que la inclinación óptima del módulo fotovoltaico tomando en cuenta la latitud perteneciente al municipio de Cuernavaca de 18.92° será de:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * |18.92|$$

$$\beta_{opt} = 16.75^\circ$$

Al ubicarse la zona geográfica en el hemisferio norte, la orientación de los módulos será con dirección al sur.

4.8 Dimensión de módulos fotovoltaicos JAP72S01 -330/SC

Las dimensiones del módulo fotovoltaico JAP72S01 -330/SC se muestran en la tabla 4.4

Tabla 4.4 Dimensiones de módulo fotovoltaico modelo JAP72S01 -330/SC

Tipo	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)
JAP72S01 -330/SC	1.960	0.991	0.040

4.9 Distancia entre módulos fotovoltaicos y objetos

La expresión 4.9 sirve para calcular la distancia entre una fila y un obstáculo que pueda ocasionar sombreado, como se ve en la figura 4.4

$$d = \frac{h}{tg(61 - \phi)}$$

(4.9)

Donde

d = distancia mínima entre filas u objetos

ϕ = latitud del lugar

$h =$ altura desde la base de los módulos hasta la parte más alta del obstáculo

(Serrano, 2016).

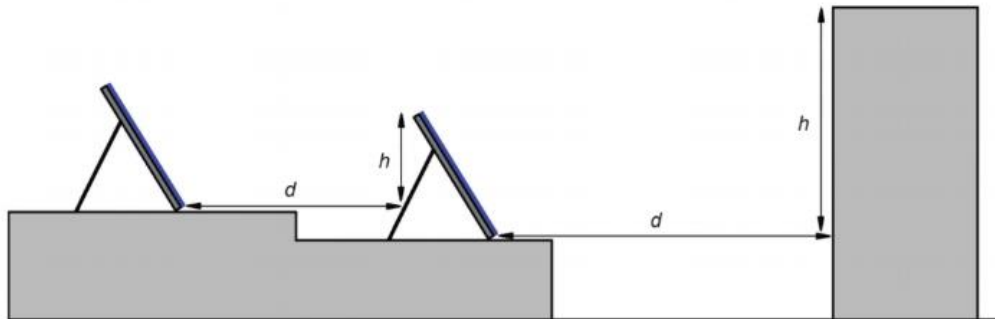


Figura 4.4 Separación entre filas, y entre filas y objetos (Serrano, 2016)

Los módulos tienen un ángulo de 16.75° y conociendo que el largo del modelo JAP72S01 -330/SC es de 1.960 m, de acuerdo a la tabla 4.4, forman un triángulo rectángulo como se ve en la figura 4.5.

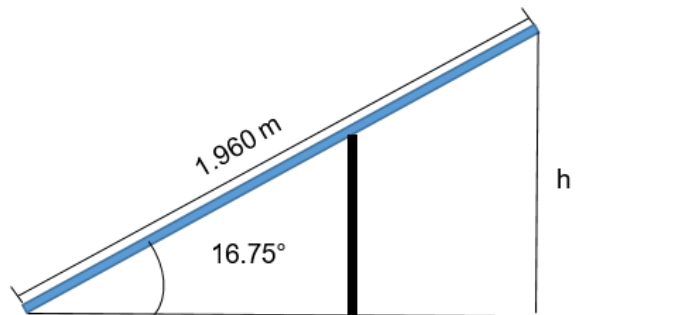


Figura 4.5 Ángulo de módulo modelo JAP72S01 -330/SC

Para obtener la altura h del módulo solar se obtiene usando las leyes de la trigonometría como se ve en la expresión 4.10

$$\text{sen}\phi = \frac{h}{1.960}$$

(4.10)

La altura de los módulos es de:

$$\text{sen}(16.75^\circ) = \frac{h}{1.960}$$

$$h = \text{sen}(16.75^\circ) * 1.960$$

$$h = 0.56 \text{ m}$$

La casa cuenta con un depósito de almacenaje de agua de 1100 litros de capacidad en la azotea de la marca Rotoplas, cuyas dimensiones se muestran en la figura 4.6.



Figura 4.6 Dimensiones de tinaco marca Rotoplas,
(<https://distribuidornacional.com/Item/Tanque-1100-litros-para-agua-Rotoplas,>
2021)

Este depósito es el único objeto capaz de originar problemas de sombreado, ya que se tiene contemplado posicionar en una sola fila los cuatro módulos que conforman el sistema, para mayor practicidad.

La distancia requerida para evitar sombreado entre los módulos y el tinaco tomando la altura de este último será de

$$d = \frac{1.39 \text{ m}}{\text{tg}(61 - 18.22)}$$

$$d = 1.50 \text{ m}$$

Apreciándose mejor en la figura 4.7 y visto desde la azotea en la figura 4.8

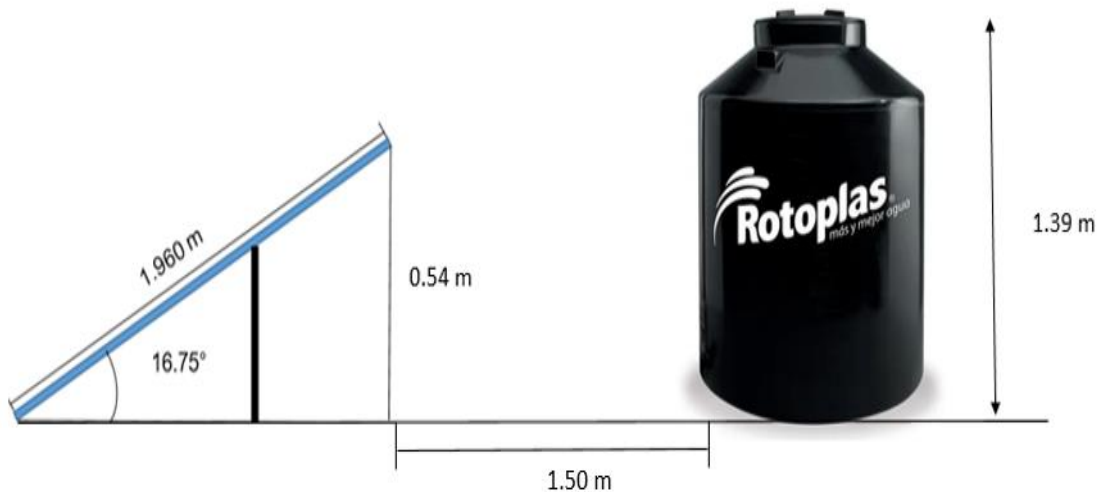


Figura 4.7 Distancia requerida entre módulos y tinaco

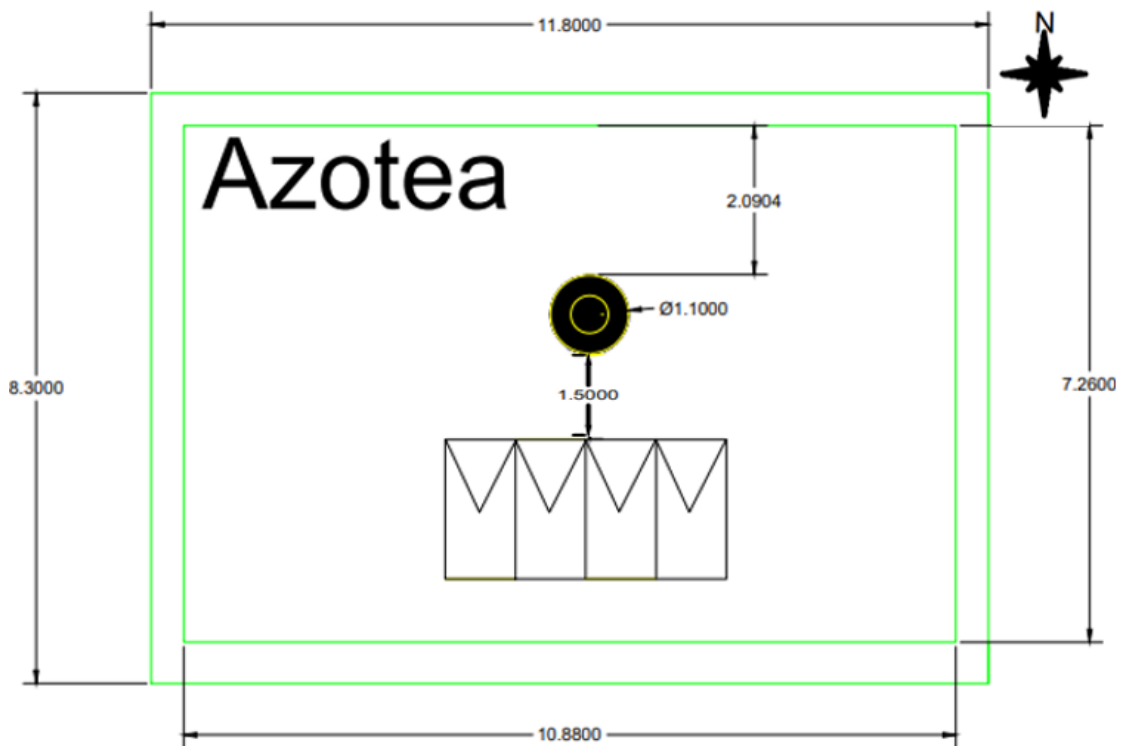


Figura 4.8 Distancia de los paneles con respecto al tinaco desde la azotea

4.10 Selección de inversor

Al no ser considerada la dimensión de la instalación como gran escala, con escasa complejidad y cuya potencia pico es de 990.57 W, se decidió elegir un inversor string (cadena) o centralizado de los modelos que se muestran en la tabla 4.5 en un intervalo de frecuencia de 59.5 Hz a 60.5 Hz de acuerdo a la Comisión Federal de Electricidad (CFE). (CFE G0100-04, 2008)

Tabla 4.5 Modelos de inversores

Modelo	Potencia nominal de salida (W)	Tensión máxima Entrada c.d /Salida c.a (V)	Tensión Mínima Entrada c.d /Salida c.a (V)	Corriente máxima de entrada cd (A)	Precio (MX)
Sunny Boy 1.5	1500	600 V c.d 280 V c.a	50 V c.d 180 c.a	10 A	\$27,529
FORTE PLUS1 KM2/1	1000	450 V c.d 270 V c.a	50 V c.d 180 c.a	10 A	\$13,116
EPIG-1K	1000	500 V c.d 270 V c.a	80 V c.d 180 c.a	10 A	\$13,068
Solis-mini-1000-4G-LV	1000	600 V c.d 110 V c.a	50 V c.d 110 V c.a	11 A	\$10,990

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) en la ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04 para la Interconexión a la Red Eléctrica de Baja Tensión de Sistemas Fotovoltaicos con Capacidad hasta 30 kW, determina que el voltaje de red de distribución en baja tensión para el servicio doméstico debe ser de 127 V en sistema monofásicos.

(CFE G0100-04, 2008)

Debido a este criterio, se optó por el modelo Solis-mini-1000-4G-LV, un inversor de cadena monofásico que se adecua a dicho voltaje y cuyo valor en el mercado es de menor precio en comparación con los otros modelos de inversores.

Además, tiene una eficiencia máxima de 97.2% y un rango de temperatura de operación aceptable para la zona geográfica, de -25°C a 65°C (ver Anexo).

4.10.1 Montaje del inversor

Se recomienda dejar libre una distancia mínima (20 cm) por encima del inversor para asegurar una disipación de calor suficiente.

Buscando no exponer el inversor a la luz solar directa ya que temperaturas muy altas reducen su eficiencia, proponiéndose su colocación debajo de la misma estructura. (INEEL, 2020)

CAPÍTULO 5. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y CABLEADO

En el capítulo cinco se aborda los conceptos requeridos para conocer el cableado y los dispositivos de protección que requiere la instalación fotovoltaica, así como los cálculos realizados en su determinación.

5.1 Cableado

Una de las partes más importantes de la instalación fotovoltaica conectada a red es el cableado eléctrico o conductores, necesarios para transferir la energía eléctrica generada hacia los circuitos pertenecientes a la casa o hacia el medidor bidireccional.

5.1.1 Criterios de selección de conductor eléctrico

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) en su ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04 para la Interconexión a la Red Eléctrica de Baja Tensión de Sistemas Fotovoltaicos con Capacidad hasta 30 kW, establece el uso de cable para intemperie en los arreglos fotovoltaicos considerando

- La estabilidad mecánica, la estabilidad térmica, la degradación por radiación UV y la exposición a ambientes húmedos.
- Un valor de tensión de aislamiento no menor al 125 de la tensión en circuito abierto del generador fotovoltaico en condiciones estándar.
- Una temperatura nominal de aislamiento, estimando el 60° C la máxima temperatura para climas moderados y 75° C en climas extremos, siendo el medio día. (CFE G0100-04, 2008)

El cable USE-2 (Cable de acometida subterránea de un solo conductor) cumplen dichos requisitos, eligiéndose por su resistencia a la luz solar, además de que el Proyecto de Norma Oficial Mexicana (PROY-NO-001-

SEDE-2018), lo aprueba como conductor fotovoltaico, en lugares exteriores expuestos. (PROY-NOM-001-SEDE-2018, 2018)

5.1.2 Criterio de máxima caída de tensión en los circuitos

La sección (en mm²) de un cable, ya sea corriente continua o de corriente alterna monofásica, se calcula como se muestra en la expresión 5.1

$$S = \frac{2 * p * L * I}{\Delta V(\%) * V} \tag{5.1}$$

Donde

p = resistividad del conductor. Para conductores de cobre se puede utilizar

$$p = \frac{0.022 \text{mm}^2}{\text{m}}$$

la máxima resistividad que puede alcanzar un conductor en operación nominal

L = longitud del cable en metros

I = intensidad máxima prevista por el cable en régimen normal

$\Delta V(\%)$ = caída de tensión nominal del circuito

siendo el 3% la máxima caída de tensión permitida y el 1.5% el valor recomendable

V = tensión nominal del circuito

(Serrano, 2016).

Seleccionando el valor de sección comercial inmediatamente superior al valor calculado.

5.1.3 Sección transversal de conductores de la instalación fotovoltaica

En la tabla 5.1 se tiene una aproximación de la distancia que abarcaría el conductor en cada sección de la instalación fotovoltaica.

Tabla 5.1 Longitud de la sección de conexión.

Sección	Longitud (m)
Generador-Inversor	3
Inversor- Medidor bidireccional	5
Medidor bidireccional- centro de carga de la casa habitación	6

No se toma en cuenta la distancia del medidor bidireccional al punto de conexión con la red eléctrica, ya que es tarea designada exclusivamente de la Comisión Federal de Electricidad.

En el tramo del generador fotovoltaico al inversor, la máxima intensidad prevista que puede circular se obtiene con la ecuación 5.2

$$I_{GF} = \frac{P_{GP}}{V_{GP}} \quad (5.2)$$

Donde

I_{GF} = Intensidad máxima transportada del generador al inversor

P_{Gmp} = potencia pico del generador fotovoltaico

V_{Gmp} = Tensión pico del generador fotovoltaico

(Serrano, 2016).

Tomando los datos calculados en las ecuaciones 4.5 y 4.6, recordando que la instalación conformada por 3 módulos fotovoltaicos es en serie, se obtiene que

$$I_{GF} = \frac{990.57W}{112.95}$$

$$I_{GF} = 8.76 A$$

Se considera la máxima caída de tensión recomendable de 0.5% para todos los casos, por cuestiones de eficiencia.

Por lo que la sección transversal del cable conductor será de

$$S = \frac{2 * 0.022 * 3 * 8.76}{0.005 * 112.95}$$

$$S = 2.04mm^2$$

Tomando el valor superior, la sección transversal es de 3.31 mm².

Tanto en el tramo del inversor al medidor bidireccional y medidor bidireccional al centro de carga, la máxima intensidad prevista que puede circular se obtiene con la ecuación 5.3

$$I_{inv} = \frac{P_{inv}}{V_{CA}}$$

(5.3)

Donde

I_{inv}

= Intensidad máxima transportada del inversor al centro de carga de c. a

P_{inv} = potencia máxima de salida del inversor

V_{CA} = Tensión de c. a de la carga

(Serrano, 2016).

Los valores de la potencia máxima de salida del inversor Solis-mini-1000-4G-LV tomado del anexo es de 1000 W por lo que la intensidad máxima transportada del inversor-medidor bidireccional y del medidor bidireccional-centro de carga de la casa habitación es de

$$I_{inv} = \frac{1000 \text{ W}}{127}$$

$$I_{inv} = 7.87 \text{ A}$$

Por lo que la sección transversal del cable conductor del inversor al medidor bidireccional será de

$$S = \frac{2 * 0.022 * 5 * 7.87}{0.005 * 127}$$

$$S = 2.72 \text{ mm}^2$$

Tomando el valor superior, la sección transversal es de 3.31 mm².

La sección transversal del cable conductor del medidor bidireccional al centro de carga de la casa es de

$$S = \frac{2 * 0.022 * 6 * 7.87}{0.005 * 127}$$

$$S = 3.27 \text{ mm}^2$$

Tomando el valor superior, la sección transversal es de 5.26 mm²

Se debe mencionar que, para seleccionar el calibre del cable conductor, no se debe omitir los criterios de corriente de máxima intensidad en los circuitos.

5.1.4 Criterio de corriente de máxima intensidad en los circuitos

De acuerdo al PROY-NOM-001-SEDE-2018 Instalaciones Eléctricas (Proyecto de Norma Oficial Mexicana) los conductores de la fuente fotovoltaica deben ser de un valor igual o mayor a la suma de la corriente de cortocircuito de los módulos en paralelo, multiplicado por el 125 por ciento.

Para el circuito de salida del generador fotovoltaico, la corriente máxima es la suma de las corrientes máximas de los circuitos de la fuente en paralelo por el 125 por ciento.

Para los circuitos de entrada de un inversor, la corriente máxima debe ser la corriente nominal máxima de entrada del inversor por el 125 por ciento

Para los circuitos de salida de un inversor, la corriente debe ser la corriente nominal que entrega el inversor en forma continua por el 125 por ciento. (PROY-NOM-001-SEDE-2018, 2018)

5.1.5 Corriente de máxima intensidad de los circuitos de la instalación fotovoltaica

La máxima intensidad de corriente para los conductores de la fuente fotovoltaica, teniendo 9.28 A de corriente de cortocircuito de los módulos y aplicando el 125 por ciento es de

$$9.28 A * 1.25 = 11.6A$$

Para los circuitos del generador fotovoltaico al inversor, teniendo una corriente nominal máxima de entrada de 11 A (de acuerdo al anexo), la máxima intensidad de corriente es de

$$11 A * 1.25 = 13.75 A$$

Para los circuitos que van tanto del inversor al medidor bidireccional y del medidor al centro de carga de la casa habitación, se toma la corriente nominal de salida del inversor que es de 9.1 A por el 125 por ciento, por lo que la máxima intensidad de corriente es de

$$9.1 A * 1.25 = 11.37 A$$

Para determinar el calibre de cada cable conductor, se tomará el valor de calibre inmediatamente superior al calculado.

5.1.6 Calibre de conductores de la instalación fotovoltaica

Para determinar el calibre del cable conductor, se comparan los datos calculados de la sección transversal y el criterio de máxima intensidad proporcionadas en el anexo.

Los módulos fotovoltaicos cuentan con las terminales de interconexión en su caja de conexiones, por lo que no será necesario el uso de un cable conductor adicional para la interconexión en serie entre ellos.

Para el tramo del generador fotovoltaico al inversor siendo la sección transversal de 3.31 mm^2 y una intensidad máxima de corriente de 13.75 A , se recomienda cable USE-2 calibre AWG 12.

Para el tramo del inversor al medidor bidireccional, con los datos de sección transversal de 3.31 mm^2 y para una intensidad máxima de 11.37 A , se recomienda cable USE-2 calibre AWG 12.

Para el tramo del medidor bidireccional al centro de carga de la casa, el conductor tendrá una sección transversal 5.26 mm^2 para una intensidad máxima 11.37 A , siendo el cable USE-2 de calibre AWG 10 es el sugerido.

5.2 Dispositivos de protección

Los dispositivos de protección, sirven para proteger los circuitos de corriente continua, los circuitos de corriente alternan, los dispositivos eléctricos y al mismo usuario.

A que resaltar que algunas protecciones en corriente directa se encuentran dentro de la caja de conexiones del módulo fotovoltaico, así mismo, muchos inversores utilizados para la interconexión a red, incorporan protecciones eléctricas, tanto en la parte de corriente continua como en la parte de corriente alterna.

5.2.1 Protecciones del inversor

Comúnmente las funciones de control y monitoreo de la correcta operación de un sistema fotovoltaico interconectado a red en modo automático y manual se encuentran incorporadas al inversor. (CFE G0100-04, 2008)

El modelo Solis-mini-1000-4G-LV cuenta con las siguientes protecciones:

- Protección de polaridad inversa en la entrada de corriente directa, en los casos en los que se conectaría en sentido contrario el generador fotovoltaico.
- Protección contra ingreso (protección contra polvo y líquidos a baja presión como la lluvia).
- Protección contra cortocircuito.
- Protección contra sobrecorrientes de salida.
- Protección contra sobretensiones.
- Detección anti-isla, para verificar que la instalación fotovoltaica no se encuentre energizada en el caso de que la red deje de manifestar una señal eléctrica (desenergizada).
- Protección de temperatura.
- Monitoreo de red.
- Interruptor de corriente continua integrado.
- Protección de circuito de falla de arco corriente continua.

5.2.2 Protecciones del módulo fotovoltaico

5.2.3 Diodos de paso (Bypass)

Estos diodos evitan que la corriente circule por células dañadas o sombreadas. Normalmente vienen incluidas en la caja de conexiones del módulo fotovoltaico. (Serrano, 2016).

5.2.4 Diodos de bloqueo

Evita que la corriente que genera una cadena, circule por otra, es decir, que el paso de la corriente eléctrica sea en una sola dirección, al igual que el diodo

bypass, se encuentran en la caja de conexiones de los módulos fotovoltaico. (Serrano, 2016).

5.2.5 Fusible

El fusible es el principal elemento de las protecciones de corriente continua, instalándose dos por cada cadena, (uno para la terminal positiva y otro para la terminal negativa de cada rama).

El uso de estos elementos, debido a su fusión y su destrucción posterior, obliga al usuario a identificar y reparar las averías o fallos que han ocasionado el defecto antes de suplantarlos por fusibles nuevos y poner en marcha nuevamente el circuito. (Serrano, 2016).

Siendo la conexión tipo serie, el PROY-NOM-001-SEDE-2018 Instalaciones Eléctricas (Proyecto de Norma Oficial Mexicana) establece que si no existen fuentes conectadas en paralelo, baterías o retroalimentación de inversores; o si la corriente del generador fotovoltaico no excede la capacidad de los cables conductores, puede omitirse el uso de fusibles.

(PROY-NOM-001-SEDE-2018, 2018)

En caso de requerirse por protección extra, se sigue el mismo criterio de corriente máxima de los circuitos, no siendo menor del 125 por ciento por la suma de corriente cortocircuito de los módulos fotovoltaicos en paralelo.

$$9.28A * 1.25 = 11.6A$$

Siendo un fusible de 15 A y 600 V el aconsejable.

5.2.6 Protección de falla por arco eléctrico

El PROY-NOM-001-SEDE-2018 Instalaciones Eléctricas (Proyecto de Norma Oficial Mexicana) determina que los sistemas fotovoltaicos que operan a 80 volts de corriente continua o más, entre cualquiera de los dos conductores deben estar protegidos por un interruptor que detecte fallas por arco eléctrico en los circuitos de corriente directa. (PROY-NOM-001-SEDE-2018, 2018)

5.2.7 Medios de desconexión

De acuerdo al PROY-NOM-001-SEDE-2018 Instalaciones Eléctricas (Proyecto de Norma Oficial Mexicana), se debe proporcionar un medio que desconecte el sistema fotovoltaico de todos los conductores de un sistema fotovoltaico, así como los medios de desconexión del sistema fotovoltaico deben tener capacidad suficiente para la corriente máxima de cortocircuito y tensión en las terminales del interruptor del sistema fotovoltaico. (PROY-NOM-001-SEDE-2018, 2018)

5.2.8 Interruptor general de corriente continua

El interruptor general de corriente continua permite realizar la desconexión entre el generador fotovoltaico y el inversor, normalmente para tareas de reparación o mantenimiento, suele instalarse por motivos de seguridad, entre la caja de conexiones y el inversor.

Se especifica para los valores del generador de máxima tensión en circuito abierto y máxima corriente de cortocircuito. (Serrano, 2016).

Los datos del módulo JAP72S01 -330/SC en la tabla 4.3 determinan como V_{GOC} de 139.2 V y I_{SC} (por el 125 %) de 11.6 A de la instalación fotovoltaica.

Siendo un interruptor de 15 A y 600 V el indicado.

5.2.9 Interruptor general magneto térmico (corriente alterna)

Los interruptores automáticos magneto térmico son capaces de establecer, soportar e interrumpir corrientes de cortocircuito y sobrecargas.

El accionamiento debe ser tanto manual como automático, con una intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la compañía en el punto de conexión y de fácil acceso para esta. (Serrano, 2016).

Deben tener las capacidades suficientes para la carga conectada, la corriente eléctrica de cortocircuito y la tensión eléctrica que se presente en las terminales. (PROY-NOM-001-SEDE-2018, 2018)

Resaltando de forma importante, que deben operar con flujo de energía en ambos sentidos.

Se sugiere un interruptor de valor de 10 A, considerando la corriente máxima de salida del inversor de 9.2 A, pudiéndose omitir debido a que el inversor ya incluye dichas protecciones.

5.2.10 Supresor de picos de voltaje (corriente alterna y corriente directa)

Es un dispositivo cuya función consiste en detectar un sobre voltaje transitorio, lo suprime y lo envía a tierra antes de que llegue a algún equipo o máquina y ocasione alguna descompostura, en este caso el inversor.

Generalmente estos picos de voltaje se generan por tormentas eléctricas.

(<https://www.paneles-solares.com.mx/supresordepicos>, 2020)

En la sección correspondiente a la corriente directa, se considera un supresor de picos de 600V (incluido en la caja combinadora), mientras que en la parte de corriente alterna, se optaría por un supresor de picos de 127 V.

5.3 Caja combinadora

Se determinó utilizar una caja combinadora (combiner box), principalmente como medio de alojamiento de las protecciones de la instalación fotovoltaica en corriente directa del trayecto entre los módulos fotovoltaicos y el inversor central.

Se considera de una capacidad para una sola entrada y una sola salida, considerando la única cadena de tres módulos que se previó para la instalación.

Esta suele incluir sus propias protecciones, que pueden utilizarse, siempre y sean los valores de corriente y voltaje calculados para dicha instalación.

En la tabla 5.2 se observa el modelo sugerido, ZJ BENY BHS-1/1 600VDC/1000VDC.

Tabla 5.2 Caja combinadora modelo ZJ BENY BHS-1/1 600VDC/1000VDC

Modelo	Entrada/ salida	Corriente máxima de entrada de corto circuito (cd)	Máxima voltaje de entrada	Máxima corriente de salida	Precio (PMX)
ZJ BENY BHS-1/1 600VDC/1000VDC	1 string	15 A	600v	63 A	\$3599

Como adicional, contiene disyuntor para sobre carga y cortocircuito de 15A para las terminales positivo y negativo, y supresor de picos de voltaje (negativo, positivo y tierra) para corriente directa.

5.4 Puesta a tierra

Además de las protecciones, se debe tomar en cuenta la puesta a tierra de la instalación, tanto en la parte de corriente continua como en la de corriente alterna.

La puesta a tierra de la instalación fotovoltaica no debe afectar las condiciones de la puesta a tierra a red, por lo que debe conectarse de manera independiente.

Debe hacerse a través de electrodos enterrados en el suelo (barras, placas o conductores desnudos de cobre)

Al igual, se debe poner a tierra la estructura, el marco de los módulos y el resto de masa metálicas. (Serrano, 2016).

Al ser un arreglo pequeño de 3 módulos fotovoltaicos, se dispondrá de un conductor USE-2 de puesta tierra de 13.3mm^2 (6 AWG) y de un electrodo tipo varilla de acero inoxidable o con recubrimiento de cobre de no menos de 2.44 metros de longitud y 16 mm de diámetro, como establece el PROY-NOM-001-SEDE-2018 Instalaciones Eléctricas (Proyecto de Norma Oficial Mexicana).

Se recomienda, un electrodo para el conjunto de módulos fotovoltaicos y otro para el inversor central. (PROY-NOM-001-SEDE-2018, 2018)

CAPÍTULO 6. COTIZACIÓN DEL PROYECTO, MANTENIMIENTO Y BENEFICIO AMBIENTAL

El capítulo seis aborda la cotización del proyecto, su rentabilidad, las medidas de mantenimiento de la instalación fotovoltaica y el beneficio ambiental que genera.

6.1 Cotización de material y elementos de la instalación fotovoltaica

En la tabla 6.1 se observa las cantidades de los elementos de la instalación fotovoltaica, así como su valor aproximado en el mercado, en pesos mexicanos.

Tabla 6.1 Cotización de los elementos de la instalación fotovoltaica

Descripción	Cantidad	Precio por unidad (PMX)	Precio total
Módulo fotovoltaico JAP72S01 -330/SC	3	\$ 3,900.00	11,700.00
Inversor Solis-mini-1000-4G-LV	1	\$ 10,990.00	10,990.00
Estructura de aluminio para módulos solares (incluyendo tornillería y accesorios de fijación inoxidable)	1	Aproximación \$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Cable conductor USE-2 calibre 10AWG	12 (metros)	\$ 28.00	\$ 336.00
Cable conductor USE-2 calibre 12 AWG	10 (metros)	\$ 39.00	\$ 390.00
Cable conductor USE-2 calibre 6 AWG	18 (metros)	\$ 61.50	\$ 1,107.00
Varilla de puesta a tierra de acero con recubrimiento de cobre 3 metros de longitud y 5/8 de diámetro	2	\$ 267.00	\$ 534.00
Abrazadera para barra de conexión a tierra	2	\$ 15.00	\$ 30.00
Terminal Tipo Lengüeta Recta De Cobre (para aterrizar la estructura)	1	\$ 15.00	\$ 15.00
Caja combinadora (combiner box) ZJ BENY BHS-1/1 600VDC/1000VDC (incluye protecciones)	1	\$ 3,600.00	\$ 3,600.00
Gabinete de sobreponer con interruptor termo magnético de 10 A , 120 V para corriente alterna	1	\$425.00	425
Gabinete con Supresor de picos 127 AC	1	\$ 549.00	\$ 549.00
Total			\$ 32,676.00

6.2 Cotización de mano de obra

En la tabla 6.2 se establece un valor aproximado de la cotización de mano de obra requerida en la instalación fotovoltaica, estimando un periodo de cinco días para la finalización del proyecto.

Tabla 6.2 Cotización de mano de obra

Profesionales	Salario por jornada	Número de profesionales requeridos	Total
Herrero	\$ 300	1	\$ 1,500.00
Electricista instalador	\$ 300	1	\$1,500.00
Ayudante general	\$ 200	2	\$2,000.00
Ingeniero eléctrico responsable	\$ 800	1	\$ 4,000.00
Total de mano de obra			\$ 9,000.00

6.3 Cotización total del proyecto

Tomando los datos de la tabla 6.1 y 6.2 se calcula la inversión total del proyecto como se ilustra en la tabla 6.3

Tabla 6.3 Cotización total del proyecto

Tipo de presupuesto	Cantidad (PMX)
Cotización de material y elementos de la instalación fotovoltaica	\$ 32,676.00
cotización de mano de obra	\$ 9,000.00
Total	\$ 41,676.00

Siendo una cotización final esperada de \$ 41,676.00 pesos mexicanos.

6.4 Ahorro monetario

6.4.1 Tarifa para uso doméstico

Las tarifas vigentes aplicadas por la Comisión Federal de Electricidad para uso doméstico se muestran en la tabla 6.4

Tabla 6.4 Tarifa vigente para Hogar (CFE, 2020)

Tarifa	Descripción	Límite de alto consumo (kWh/ mes)
1	Servicio domestico	250
1 A	En localidades cuya temperatura media mínima en verano sea de 25 grados centígrados	300
1 B	En localidades cuya temperatura media mínima en verano sea de 28 grados centígrados	400
1 C	En localidades cuya temperatura media mínima en verano sea de 30 grados centígrados	850
1 D	En localidades cuya temperatura media mínima en verano sea de 31 grados centígrados	1000
1 E	En localidades cuya temperatura media mínima en verano sea de 32 grados centígrados	2000
1 F	En localidades cuya temperatura media mínima en verano sea de 33 grados centígrados.	2500
DAC (Domésticas de alto consumo)	Cuando el Consumo Mensual Promedio del usuario sea superior al Límite de Alto Consumo se le reclasificará a la Tarifa Doméstica de Alto Consumo.	

La tarifa establecida para Cuernavaca es la tarifa 1A, marcando el mes de abril como el inicio del verano.

6.4.2 Cargos aplicables en temporada de verano

En la tabla 6.5 se establece las cuotas aplicables correspondientes a la temporada de verano (Iniciando desde el mes de abril más los cinco meses posteriores a este).

Tabla 6.5 Cargos por energía consumida tarifa 1 A en temporada de verano (CFE, 2020)

Mes	Consumo básico (PMX)	Consumo intermedio (PMX)	Consumo excedente (PEMX)	Descripción
Abril	\$ 0.741	\$ 0.866	\$ 2.962	-Consumo básico: por cada uno los primeros 100 kW-h
Mayo	\$ 0.743	\$ 0.868	\$ 2.969	
Junio	\$ 0.745	\$ 0.870	\$ 2.976	
Julio	\$ 0.747	\$ 0.872	\$ 2.983	-Consumo intermedio: por cada uno de los siguientes 50 kW-h
Agosto	\$ 0.749	\$ 0.874	\$ 2.99	-Consumo excedente: por kW-h adicional
Septiembre	\$ 0.751	\$ 0.876	\$ 2.997	

6.4.3 Cargos aplicables en temporada fuera de verano

En la tabla 6.6 se encuentran los cargos aplicables correspondientes a la temporada fuera de verano (Los seis meses restantes a los que abarcan la temporada de verano).

Tabla 6.6 Cargos por energía consumida tarifa 1 A en temporada fuera de verano (CFE, 2020)

Mes	Consumo básico	Consumo intermedio	Consumo excedente	Descripción
Octubre	\$ 0.849	\$ 1.025	\$ 3.004	-Consumo básico: por cada uno los primeros 75 kW-h
Noviembre	\$ 0.851	\$1.028	\$ 3.011	
Diciembre	\$ 0.853	\$ 1.031	\$ 3.018	
Enero	\$ 0.831	\$ 1.006	\$ 2.941	-Consumo intermedio: por cada uno de los siguientes 75 kW-h
Febrero	\$ 0.833	\$ 1.008	\$ 2.948	
Marzo	\$ 0.835	\$ 1.010	\$ 2.955	-Consumo excedente: por kW-h adicional

6.4.4 Estimación de Consumo anual

Tomando el consumo máximo de la tarifa 1A de 300 kW-h/mes como el máximo valor de consumo mensual que se utilizaría en la casa habitación, se

registran los pagos para cada uno de los doce meses del año, aplicando las cuotas correspondientes, sin considerar aun la instalación del generador fotovoltaico como se ve en la tabla 6.7

Tabla 6.7 Pagos correspondientes a los doce meses del año

Mes	Consumo básico (PMX)	Consumo intermedio (PMX)	Consumo excedente (PEMX)	Total, del mes (PMX)
Enero	\$ 62.32	\$ 75.45	\$ 441.15	\$ 578.92
Febrero	\$ 62.47	\$ 75.60	\$ 442.2	\$ 580.275
Marzo	\$ 62.62	\$ 75.75	\$ 443.25	\$ 581.625
Abril	\$ 74.10	\$ 43.30	\$ 444.3	\$ 561.7
Mayo	\$ 74.30	\$ 43.40	\$ 445.35	\$ 563.05
Junio	\$ 74.50	\$ 43.50	\$ 446.4	\$ 564.4
Julio	\$ 74.70	\$ 43.60	\$ 441.15	\$ 566.15
Agosto	\$ 74.90	\$ 43.70	\$ 448.5	\$ 567.1
Septiembre	\$ 75.10	\$ 43.80.	\$ 449.55	\$ 568.45
Octubre	\$ 63.67	\$ 76.87	\$ 450.6	\$ 591.15
Noviembre	\$ 63.82	\$ 77.10	\$ 451.65	\$ 592.575
Diciembre	\$ 63.97	\$ 77.32	\$ 452.7	\$ 594
Total anual				\$ 6,909.00

Una vez instalado el generador fotovoltaico, cuya capacidad de entrega fue calculada para un valor redondeado de 5.400 kW-h/día constante como se muestra en capítulos anteriores, se calcula su generación de forma mensual que se muestra en la tabla 6.8

Tabla 6.8 Estimación de generación mensual

Mes	Generación mensual kW/h
Enero	167.40
Febrero	156.6
Marzo	167.40
Abril	162
Mayo	167.40
Junio	162
Julio	167.40
Agosto	167.40
Septiembre	162
Octubre	167.40
Noviembre	162
Diciembre	167.40

Por lo que el consumo esperado teniendo el generador fotovoltaico se representa en la tabla 6.9

Tabla 6.9 Estimación de generación anual con el generador fotovoltaico

Mes	Consumo total mensual kW/h
Enero	132.60
Febrero	143.4
Marzo	132.60
Abril	138
Mayo	132.60
Junio	138
Julio	132.60
Agosto	132.60
Septiembre	138
Octubre	132.60
Noviembre	138
Diciembre	132.60

En la tabla 6.10 se observa los cargos especificados del consumo de la casa habitación teniendo el generador fotovoltaico instalado.

Tabla 6.10 Estimación de consumo anual con generado fotovoltaico instalado

Mes	Consumo básico (PMX)	Consumo intermedio (PMX)	Consumo excedente (PEMX)	Total, del mes (PMX)
Enero	\$ 62.32	\$ 57.94	\$ 0.00	\$ 120.26
Febrero	\$ 62.47	\$ 68.95	\$ 0.00	\$ 131.42
Marzo	\$ 62.62	\$ 58.17	\$ 0.00	\$ 120.79
Abril	\$ 74.10	\$ 32.90	\$ 0.00	\$ 107.00
Mayo	\$ 74.30	\$ 28.29	\$ 0.00	\$ 102.59
Junio	\$ 74.50	\$ 33.06	\$ 0.00	\$ 107.56
Julio	\$ 74.70	\$ 28.43	\$ 0.00	\$ 103.13
Agosto	\$ 74.90	\$ 28.49	\$ 0.00	\$ 103.39
Septiembre	\$ 75.10	\$ 33.29	\$ 0.00	\$ 108.39
Octubre	\$ 63.67	\$ 59.04	\$ 0.00	\$ 122.71
Noviembre	\$ 63.82	\$ 64.76	\$ 0.00	\$ 128.58
Diciembre	\$ 63.97	\$ 59.38	\$ 0.00	\$ 123.35
Total anual				\$ 1379.17

Comparando ambas cantidades, en sus dos diferentes versiones (con y sin generador fotovoltaico) se obtienen un ahorro de

$$\$ 6909.00 - \$ 1379.17 = \$ 5529.83$$

Cabe mencionar que los datos registrados son sin incluir el bono a favor o negativo que pudiese presentarse a lo largo del año, donde los consumos tienden a variar, en donde la generación puede ser:

- Generación Igual al consumo, pagándose el valor mínimo de la factura de luz
- Generación mayor al consumo, pagándose el valor mínimo y abonando el excedente al mes posterior.
- Generación menor al consumo, pagándose la energía sustraída de la red que el generador fotovoltaico no pueda satisfacer.

6.4.5 Amortización de la inversión

Con la inversión presupuestada de \$41,676.00, y un ahorro anual de \$5529.83, se obtiene la amortización de la inversión como se ve en la ecuación 6.1

$$\textit{Amortización} = \textit{Coste de la inversión} / \textit{Ingresos que genera}$$

(6.1)

Por lo que se obtiene que la inversión se amortizara al séptimo año, con seis meses, viéndose los resultados más concretamente al octavo mes

$$\textit{Amortización} \$ 41,676.00 / \$ 5529.83$$

$$\textit{Amortización} = 7.5 \approx 8$$

6.5 Vida útil

De forma general la vida útil de los módulos fotovoltaicos es de 25 años, sin embargo, con un mantenimiento ideal esta puede alcanzar los treinta años o inclusive más.

Se prevé que la potencia disminuirá después de los veinte años por las degradaciones de las células fotovoltaicas.

Pero con un excelente cuidado y funcionamiento se puede llegar a los 35 años sin tener que verificar si la energía producida aun satisface las necesidades de la casa en cuestión.

(<https://euskenergy.com/cual-es-la-vida-util-de-los-paneles-solares>, 2020)

6.6 Retorno de Inversión

El retorno sobre la inversión, ROI (Return on Investment) es la métrica que expresa la relación entre la inversión de un negocio y el beneficio recibido de dicha inversión.

Suele utilizarse para determinar si la inversión fue rentable desde el punto de vista financiero.

Para calcular el retorno de la inversión se aplica la fórmula 6.2

$$ROI = \frac{\text{Valor obtenido de beneficio} - \text{Valor total de la inversión}}{\text{Valor total de la inversión}} * 100$$

(6.2)

(<https://blog.hotmart.com/es/retorno-de-inversion-y-como-calcularlo/>, 2020)

Partiendo del primer año en el que se realiza la inversión del proyecto, se calcula el retorno de la inversión y su ingreso, tomando como vida útil un plazo

de veinticinco años de forma general, y de 35 con un mantenimiento adecuado tal como se ve en la tabla 6.11.

Tabla 6.11 Retorno de la inversión del proyecto

Número de años	Retorno de inversión (%)	Ingresos (PMX)
1	-86.73	\$ 5,529.83
2	-73.46	\$ 11,059.66
3	-60.19	\$ 16,589.49
4	-46.93	\$ 22,119.32
5	-33.66	\$ 27,649.15
6	-20.39	\$ 33,178.98
7	-7.12	\$ 38,708.81
8	6.15	\$ 44,238.64
9	19.42	\$ 49,768.47
10	32.69	\$ 55,298.30
11	45.95	\$ 60,828.13
12	59.22	\$ 66,357.96
13	72.49	\$ 71,887.79
14	85.76	\$ 77,417.62
15	99.03	\$ 82,947.45
16	112.30	\$ 88,477.28
17	125.57	\$ 94,007.11
18	138.84	\$ 99,536.94
19	152.10	\$ 105,066.77
20	165.37	\$ 110,596.60
21	178.64	\$ 116,126.43
22	191.91	\$ 121,656.26
23	205.18	\$ 127,186.09
24	218.45	\$ 132,715.92
25	231.72	\$ 138,245.75
26	244.98	\$ 143,775.58
27	258.25	\$ 149,305.41
28	271.52	\$ 154,835.24
29	284.79	\$ 160,365.07
30	298.06	\$ 165,894.90
31	311.33	\$ 171,424.73
32	324.60	\$ 176,954.56
33	337.86	\$ 182,484.39
34	351.13	\$ 188,014.22
35	364.40	\$ 193,544.05

6.7 Mantenimiento de instalación fotovoltaica

La ventaja de una instalación fotovoltaica es el poco mantenimiento, ya que gran parte del mismo, se puede llevar a cabo por personal no especializado.

Es decir, incluso por el mismo propietario de la instalación

La inclinación a la que es sujeta el módulo fotovoltaico (no menor a 15°) hace que la suciedad resbale sobre su superficie, en ocasiones con ayuda de la lluvia.

En caso de ser necesario, lo más recomendable es el uso de agua y de jabón, sin utilizar métodos que puedan rayar o estropear los módulos como estropajos o productos abrasivos.

(www.sfe-solar.com/paneles-solares/instaladores/mantenimiento/, 2020)

Se deben realizar inspecciones visuales para supervisar los siguientes aspectos:

- Revisión del sombreado sobre los módulos fotovoltaicos por parte de objetos extraños.
- Revisión del módulo fotovoltaico, reafirmando que no existe alguna célula en mal estado y el marco no contiene deformaciones o roturas.
- Revisión de la tornillería y los soportes de montaje, estando estos bien apretados y ajustados.
- Revisión del buen estado del cableado de conexión
- Revisión del buen funcionamiento del inversor

(<https://esenergia.es/mantenimiento-preventivo-modulos-fotovoltaicos/>, 2020)

Para el mantenimiento de mayor complejidad para el usuario, se recomienda el mantenimiento de un personal calificado de al menos una vez al año, con conocimientos amplios sobre sistemas eléctricos.

6.8 Benéfico del uso de la energía solar proveniente de generadores fotovoltaicos

De entre las distintas fuentes de energía, las energías renovables, son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana.

En contraparte, la realidad de los combustibles fósiles, lejos de ser inagotables, se están escaseando.

Pueden postularse distintas fechas, pero nada evitará que el petróleo y el gas natural desaparezcan durante el presente siglo. (Mosquera & Merino, 2006)

La combustión de combustibles fósiles para generar energía eléctrica produce gases de efecto invernadero (GEI), que a su vez contribuyen al deterioro ambiental y al cambio climático. (Valencia, Moreno & Rodríguez, 2015)

El aprovechamiento de la energía solar para la generación de electricidad contribuye a la sustentabilidad del sistema energético, pues evita que se genere electricidad a partir de combustibles fósiles (reduciendo las emisiones de gases asociados a estos. (Mosquera & Merino, 2006)

Por medio del acceso a la energía solar a través de la instalación de generadores fotovoltaicos, los usuarios pueden aprovechar varios de sus beneficios como:

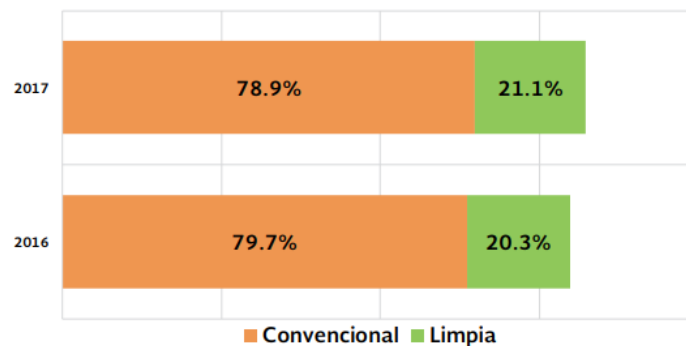
- Reducir las emisiones que dañan el medio ambiente y a la salud de las personas.
- Favorecer a la economía familiar dado que permite reducir el consumo de energía eléctrica proveniente de la red de la CFE al mismo tiempo que se pueden vender los excedentes,
- Acceder a electricidad en zonas de difícil acceso.

- Mientras los generadores convencionales van perdiendo eficiencia, el combustible es cada vez más caro y contaminante, en cambio, para los generadores fotovoltaicos su fuente primaria (el sol) es gratis, limpia e inagotable (Ovalle, 2014).

6.9 Panorama del uso de energía fotovoltaica en México

6.9.1 Generación de energía eléctrica en México

Si bien el país ya hace uso de tecnologías limpias, de acuerdo al Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN), la generación de energía eléctrica en México en años recientes, continúa dependiendo en gran medida de las tecnologías convencionales, como se muestra la figura 6.1 (SENER, 2018)



Fuente: Elaborado por la SENER con datos de la CFE, la CRE, el CENACE y la Subsecretaría de Planeación y Transición Energética. Información preliminar 2017.

Figura 6.1 Generación de energía eléctrica en México (SENER, 2018)

6.9.2 Participación de tecnologías de generación de electricidad en México

México es una nación petrolera, se ha basado principalmente en el uso de hidrocarburos para la generación de energía eléctrica, siendo las principales

tecnologías de generación la termoeléctrica, carboeléctrica y dual, mientras que, en energías renovables, las de mayor porcentaje es la hidroeléctrica y geotérmica como se ve en la figura 6.2 (Rendón, 2019)

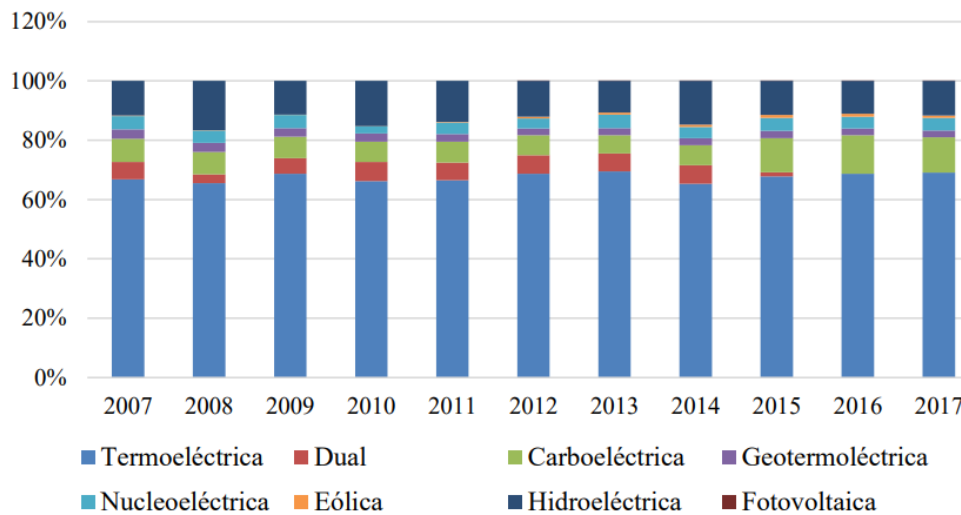


Figura 6.2 Porcentaje de generación bruta de energía por tipo de tecnología en México. (Rendón, 2019)

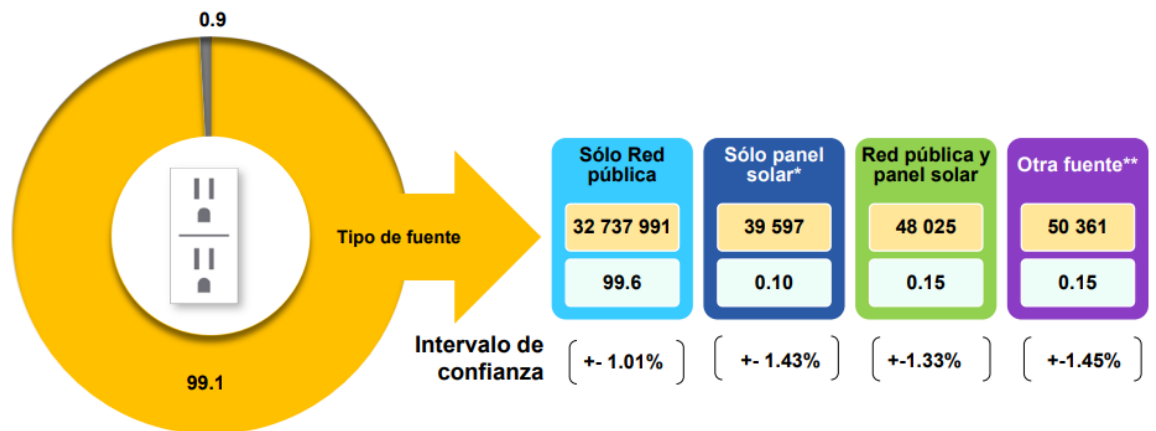
El 2% de la capacidad instalada en México proviene de centrales fotovoltaicas, de un total de 44 que hace de su uso el país.

Algunos estados de la República tienen mayor radiación solar diaria promedio que algunas ciudades europeas pioneras de esta tecnología.

Como objeto de comparación, la ciudad de Leipzig, en Alemania, que cuenta con una radiación solar diaria promedio de 2.7 kWh/m², mientras que Veracruz, uno de los estados con menor radiación solar diaria promedio en México, cuenta con 4.1 kWh/m² (Alcocer, 2020)

6.9.3 Panorama del suministro de electricidad en el sector doméstico en México

El suministro en el sector doméstico, de acuerdo a la Encuesta Nacional sobre Consumos de Energéticos en Viviendas Particulares realizada en el 2018 por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía que 99% de las viviendas habitadas en el país tienen electricidad, con un 0.25% de participación de viviendas que hacen uso de fuente solar exclusiva o bidireccional, como suministro de energía eléctrica, mostrado en la figura 6.3 (INEGI, 2018)



*Otra fuente: Planta o generador particular, batería o acumulador eléctrico.
 Nivel de precisión: **Moderado**, CV en el rango de 15 a 30.
 Fuente: INEGI. Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares 2018.

Figura 6.3 Distribución porcentual de viviendas particulares habitadas por condición de disponibilidad de energía eléctrica, y viviendas habitadas con energía eléctrica y su distribución según tipo de fuente. (INEGI, 2018)

Conclusiones

En la elaboración de este proyecto se concluyó con los siguientes puntos:

- La energía solar es una fuente de energía viable para la generación de electricidad en México
- El país tiene una de las radiaciones más altas del mundo, con una insolación promedio mayor de 5kWh/m² por día.
- El municipio de Cuernavaca tiene una alta radiación global con un valor de 5.9 kWh/m² por día.
- La temperatura media anual de Cuernavaca de 21°C, es ideal para los módulos fotovoltaicos.
- Los módulos fotovoltaicos de células policristalinas tienen una mayor rentabilidad en su precio-beneficio en contraparte de las células monocristalinas y amorfas.
- Las instalaciones interconectadas a red son requeridas en zonas urbanizadas.
- Las instalaciones aisladas son aplicables para zonas de difícil acceso como zonas rurales.
- El dispositivo de mayor importancia en instalaciones interconectadas a red, es el inversor.
- El componente característico de una instalación fotovoltaica aislada de red, es su medio almacenamiento, o batería.
- Las estructuras fijas son recomendadas en instalaciones fotovoltaicas de pequeña escala.
- Las estructuras móviles son para instalaciones de gran tamaño, donde se requiere un mejor aprovechamiento solar.
- Es de mayor viabilidad el uso de la fachada, como espacio para albergar la instalación fotovoltaica en zonas urbanizadas.

- Un inversor de cadena o centralizado, es apropiado para instalaciones fotovoltaicas de dimensiones menores.
- La inversión requerida es de \$ 41, 676.00 con un retorno de la inversión previsto en el octavo año.
- La inversión en la instalación fotovoltaica interconectada a red es redituable a largo plazo.
- El modelo de contraprestación Net Metering, para instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo, reduce la energía consumida por la red con una compensación económica.
- El mantenimiento de una instalación fotovoltaica es limitado.
- La instalación fotovoltaica tiene una vida útil de 25 años, extendiéndose a 35 años o más, de acuerdo a su mantenimiento.
- El uso de energías de origen fósil para la generación de energía eléctrica es costoso, contaminante y escaso.
- La energía solar como fuente de generación eléctrica es gratis, limpia e inagotable.
- México tiene dependencia del combustible fósil para la generación de energía eléctrica
- La participación de las tecnologías renovables en la generación de energía eléctrica del país es menor a las tecnologías provenientes del combustible fósil
- La generación por tecnologías fotovoltaicas en el país, es rezagada, con la participación del 2%.
- La participación de viviendas que hacen uso de una fuente solar exclusiva o bidireccional es mínima, del 0.25% de un 99% de viviendas que cuentan con energía eléctrica.

Referencias

- [1] SENER, Banco Mundial, ESMAP. *Evaluación rápida del uso de la energía*
- [2] <https://www.foronuclear.org/>
- [3] Mateo, V. M. (2016). *Gestión del montaje de instalaciones solares fotovoltaicas*. Ediciones Paraninfo, SA.
- [4] Labarta, J. L. V. (2012). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Editorial Donostiarra Sa.
- [5] Paredes, M. P. *Diseño y construcción de un concentrador solar cilíndrico parabólico*.
- [6] Contreras, W., Galban, M. G., & Sepúlveda, S. B. (2018). Statistical analysis of solar radiation in the city of Cúcuta. *Entre Ciencia e Ingeniería*
- [7] POTOSINOS, U. (2019). *Energía solar fotovoltaica*.
- [8] solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/mexico
- [9] INEGI. (2017) *Anuario estadístico y geográfico del estado de Morelos 2017*.
- [10] <https://www.re-explorer.org/>
- [11] Instituto de Investigaciones Eléctricas. (2010). *Guía de Usuario Sistemas fotovoltaicos interconectados con la red Aplicaciones de pequeña escala*
- [12] Rodríguez-Meza, M. A., & Cervantes-Cota, J. L. (2006). El efecto fotoeléctrico. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 13(3), 303-311.
- [13] Formación, E. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. FC Editorial.
- [14] Barrera, M. F. (2010). *Energía solar: electricidad fotovoltaica*. Editorial Liber Factory.

- [15] Santamaría, G., & Castejón, A. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Editex.
- [16] Serrano, J. C. (2016). *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas*. Ediciones Paraninfo, SA.
- [17] Vallina, M. M. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas 2ª edición 2018*. Ediciones Paraninfo, SA.
- [18] CFE G0100-04
- [19] <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/tipos/>
- [20] Fotovoltaica, E. S. (2011). Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red. *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)*.
- [21] <http://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/>
- [22] <https://re-magazine.saunierduval.es/2019-05-31/como-afecta-el-clima-a-los-paneles-fotovoltaicos#>
- [23] www.ncdc.noaa.gov/
- [24] <https://www.conermex.com.mx/blog-sombrasenpaneles.html>
- [25] <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/efecto-de-las-sombras-en-un-panel-solar-fotovoltaico/>
- [24] <https://www.otovo.es/blog/autoconsumo/autoconsumo-electrico-conectado-o-aislado/>
- [25] <https://sotysolar.es/placas-solares/inversor-solar-que-son-que-tipos-existen>
- [26] <https://ccee.mx/blog/energia-solar-fotovoltaica/como-funciona-el-medidor-bidireccional-de-cfe>

- [27] <https://atersa.shop/como-elegir-un-inversor-para-paneles-solares/>
- [28] <https://sotysolar.es/placas-solares/instalacion/serie-o-paralelo>
- [29] <https://www.ectricol.com/combiner-box/>
- [30] CFE. *Contratación de suministro para solicitudes de interconexión*
- [31] <https://www.cfe.mx/industria/nuevocontrato/pages/contratos-de-interonexion.aspx>
- [32] <https://www.enlight.mx/conoce-los-esquemas-de-interconexion-que-existen-en-mexico/>
- [33] Diario Oficial de la Federación: 07/03/2017
- [34] INEEL. *Sistemas fotovoltaicos interconectados a red Ingeniería del sistema*
- [35] PROY-NOM-001-SEDE-2018
- [36] <https://www.paneeles-solares.com.mx/supresordepicos>
- [37] <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Tarifas/Tarifa1A.aspx>
- [38] <https://euskenergy.com/cual-es-la-vida-util-de-los-paneles-solares/>
- [39] <https://blog.hotmart.com/es/retorno-de-inversion-y-como-calcularlo>
- [40] <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/instaladores/mantenimiento/>
- [41] <https://esenergia.es/mantenimiento-preventivo-modulos-fotovoltaicos/>
- [42] Mosquera Martínez, M. J., & Merino, L. (2006). *Empresa y energías renovables*. FC Editorial.
- [43] Valencia, L. P. U., Moreno, F. L. A., & Rodríguez, J. C. R. (2015). Importancia de las energías renovables en la seguridad energética y su

relación con el crecimiento económico. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 6(2), 231-242.

[44] Ovalle Cubillos, R. (2014). Sociedad fotovoltaica. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(1), 4-5.

[45] SENER. *PRODESEN 2018-2032 Programa del Desarrollo eléctrico nacional*

[46] Rendón, E. C. (2019). *Política energética en México. Serie ponencias*, 29.

[47] Alcocer, G. I. G. *La transición energética hacia las tecnologías limpias: Un motor para el desarrollo de México.*

[48] INEGI. *Encuesta nacional sobre consumo de energéticos en viviendas particulares ENCEVI 2018*

Anexos

División geoestadística municipal, coordenadas geográficas y altitud de las cabeceras municipales

Cuadro 1.2

Clave	Municipio	Cabecera municipal	Latitud norte			Longitud oeste			Altitud (msnm)
			Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos	
001	Amacuzac	Amacuzac	18	36	00	99	22	10	900
002	Atlatlahucan	Atlatlahucan	18	56	10	98	53	57	1 640
003	Axochiapan	Axochiapan	18	30	08	98	45	14	1 028
004	Ayala	Ciudad Ayala	18	46	01	98	58	55	1 220
005	Coatlán del Río	Coatlán del Río	18	44	39	99	26	05	1 020
006	Cuautla	Cuautla	18	48	46	98	57	18	1 294
007	Cuernavaca	Cuernavaca	18	55	18	99	14	05	1 522
008	Emiliano Zapata	Emiliano Zapata	18	50	27	99	10	59	1 248
009	Huitzilac	Huitzilac	19	01	44	99	16	02	2 554
010	Jantetelco	Jantetelco	18	42	54	98	46	38	1 428
011	Jiutepec	Jiutepec	18	52	55	99	10	37	1 354
012	Jojutla	Jojutla	18	36	59	99	10	51	884
013	Jonacatepec de Leandro Valle	Jonacatepec de Leandro Valle	18	40	50	98	48	11	1 336
014	Mazatepec	Mazatepec	18	43	59	99	22	01	963
015	Miacatlán	Miacatlán	18	46	11	99	21	36	1 004
016	Ocuituco	Ocuituco	18	52	39	98	46	32	1 910
017	Puente de Ixtla	Puente de Ixtla	18	37	00	99	19	25	882
018	Temixco	Temixco	18	50	42	99	13	26	1 238
033	Temoac	Temoac	18	46	20	98	46	40	1 579
019	Tepalcingo	Tepalcingo	18	35	41	98	50	39	1 156
020	Tepoztlán	Tepoztlán	18	59	11	99	06	04	1 713
021	Tetecala	Tetecala	18	43	44	99	23	54	980
022	Tetela del Volcán	Tetela del Volcán	18	53	36	98	43	48	2 217
023	Tlalnepantla	Tlalnepantla	19	00	28	98	59	50	2 065
024	Tlaltizapán de Zapata	Tlaltizapán	18	40	58	99	07	05	940
025	Tlaquiltenango	Tlaquiltenango	18	37	48	99	09	45	913
026	Tlayacapan	Tlayacapan	18	57	23	98	58	59	1 629
027	Totolapan	Totolapan	18	59	14	98	55	17	1 901
028	Xochitepec	Xochitepec	18	46	54	99	13	53	1 111
029	Yautepec	Yautepec de Zaragoza	18	53	09	99	03	38	1 212
030	Yecapixtla	Yecapixtla	18	53	00	98	52	05	1 562
031	Zacatepec	Zacatepec de Hidalgo	18	39	19	99	11	39	912
032	Zacualpan de Amilpas	Zacualpan de Amilpas	18	47	03	98	45	55	1 644

Fuente: INEGI. Dirección General de Geografía y Medio Ambiente. *Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Locales*. <http://www.ineci.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/catalogooclaves.aspx>. (28 de marzo de 2017).

Horas de sol pico por día para la República Mexicana

Entidad Federativa	Ciudad	Latitud norte (°)	Horas de sol pico*		Entidad Federativa	Ciudad	Latitud norte (°)	Horas de sol pico*	
			Hor	Inc				Hor	Inc
Aguascalientes	Aguascalientes	21.88	5.78	6.10	Nayarit	Tepic	21.51	6.06	6.42
Baja California	Ensenada	31.87	5.98	6.76	Nuevo León	Monterrey	25.70	5.17	5.43
	Mexicali	32.65	5.96	6.81	Oaxaca	Oaxaca	17.06	4.88	5.01
	Tijuana	32.54	5.96	6.79	Puebla	Puebla	19.06	5.22	5.44
Baja California Sur	La Paz	24.15	6.46	6.89	Querétaro	Querétaro	20.61	5.57	5.87
	San José del Cabo	23.06	6.41	6.80	Quintana Roo	Cancún	21.16	6.01	6.32
Campeche	Campeche	19.83	5.91	6.16		Chetumal	18.51	5.85	6.09
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	16.76	4.88	5.00	San Luis Potosí	San Luis Potosí	22.16	5.57	5.85
Chihuahua	Chihuahua	28.63	5.96	6.52	Sinaloa	Culiacán	24.82	6.05	6.52
	Ciudad Juárez	31.73	5.78	6.41		Los Mochis	25.80	6.35	6.84
Coahuila	Saltillo	25.42	5.54	5.86		Mazatlán	23.20	6.04	6.47
	Torreón	25.53	5.96	6.37	Sonora	Ciudad Obregón	27.49	6.35	6.89
Colima	Colima	19.26	5.97	6.30		Hermosillo	29.07	6.22	6.81
Distrito Federal	Ciudad de México	19.33	5.11	5.36	Tabasco	Villahermosa	18.00	5.36	5.50
Durango	Durango	24.04	5.92	6.36	Tamaulipas	Ciudad Victoria	23.73	5.18	5.38
Guanajuato	Guanajuato	21.02	5.77	6.09		Nuevo Laredo	27.49	4.95	5.19
	León	21.11	5.75	6.07		Tampico	22.21	5.05	5.23
Guerrero	Acapulco	16.88	6.19	6.52	Tlaxcala	Tlaxcala	19.32	5.08	5.29
	Chilpancingo	17.54	6.09	6.43	Veracruz	Coatzacoalcos	18.15	4.88	5.00
Hidalgo	Pachuca	20.11	4.96	5.17		Orizaba	18.85	4.64	4.76
Jalisco	Guadalajara	20.69	5.89	6.24		Veracruz	19.20	4.56	4.66
México	Toluca	19.28	5.77	6.09		Xalapa	19.50	4.71	4.84
Michoacán	Morelia	19.71	5.79	6.13	Yucatán	Mérida	20.97	5.94	6.23
Morelos	Cuernavaca	18.92	5.76	6.07	Zacatecas	Zacatecas	22.77	5.86	6.21

Hor = Plano horizontal Inc = Plano inclinado a la latitud de la localidad correspondiente
 *De acuerdo con datos del Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México (SIGER) IIE-GENC, y del Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM.

JAP72S01

310-330 1500V Cypress Series
MULTICRYSTALLINE SILICON SOLAR MODULE



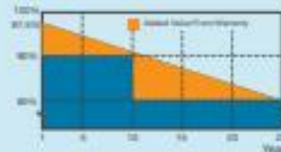
JA Solar Holdings Co., Ltd.

JA Solar Holdings Co., Ltd. is a world leading manufacturer of high-performance solar power products that convert sunlight into electricity for residential, commercial and utility-scale power generation. The company was founded in May 2005 and publicly listed on NASDAQ in February 2007. JA Solar has been the world's leading cell producer since 2010, and has firmly established itself as a top 1 module supplier since 2012. Capitalizing on our strength in solar cell technology, we are committed to provide modules with unparalleled conversion efficiency, yield efficiency, and reliability to enable you to maximize your returns on PV projects. With its leading industry experience, continuous effort on R&D, customer-oriented service and solid financial status, JA Solar is your best choice of long-term trustworthy partner.

Address: Building No.8, Noode Center, Automobile Museum East Road, Fengtai District, Beijing, China
T e l : +86 (10) 63611886
F a x : +86 (10) 63611999
Email: sales@jasolar.com market@jasolar.com

Superior Warranty

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



www.jasolar.com

Key Features



Bypass diode design reduces cell series resistance and stress between cell interconnectors to improve module reliability and conversion efficiency



High output up to 16.96% module conversion efficiency



Certified with 1500V DC IEC standard
32% more strings and fewer components enable lower BOS costs



Anti-soiling surface reduces power loss from dirt and dust



Outstanding performance in low-light irradiance environments



Excellent mechanical load resistance: Certified to withstand high wind load and heavy snow load



Strong anti-soiling and ammonia resistance certified by TÜV NORD

Reliable Quality

- Positive power tolerance: 0~+5W
- Modules binned by current to improve system performance
- Potential Induced Degradation (PID) Resistant in accordance to IEC 62804

Comprehensive Certificates

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

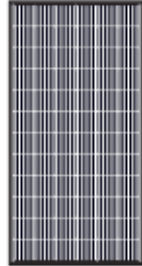


*Specification is subject to technical changes and tests. JA Solar reserves the right of final interpretation.

JAP72S01^{310-330/SC} 1500V Cypress Series

JA SOLAR

MECHANICAL DIAGRAM



■ customized cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Poly 156.75x156.75mm
Weight	22.5kg±3%
Glass	3.2mm
Dimensions	1960±0.50x910±0.50mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (2AWG)
Nb. of Cells	72 (6x12)
Junction Box	IP67, 3 diodes
Connector	Anti-pitch LTV
Packaging Configuration	27 Per Pallet

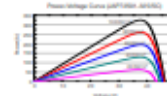
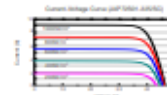
OPERATING CONDITIONS

Maximum System Voltage	1500V DC (UL)
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load, Front*	5400Pa(12 lbf/ft ²)
Maximum Static Load, Back*	2400Pa(50 lbf/ft ²)
NOCT	45±2°C
Fire Performance	Type 1
Application Class	Class A

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAP72S01 -310/SC	JAP72S01 -315/SC	JAP72S01 -320/SC	JAP72S01 -325/SC	JAP72S01 -330/SC
Rated Maximum Power (P _{max}) [W]	310	315	320	325	330
Open Circuit Voltage (V _{oc}) [V]	45.56	45.85	46.12	46.38	46.40
Maximum Power Voltage (V _{mp}) [V]	36.89	37.09	37.28	37.39	37.65
Short Circuit Current (I _{sc}) [A]	8.92	9.01	9.09	9.17	9.28
Maximum Power Current (I _{mp}) [A]	8.45	8.49	8.58	8.69	8.77
Module Efficiency [%]	15.96	16.22	16.47	16.73	16.99
Power Tolerance	-0 ~ +0W				
Temperature Coefficient of I _{sc} (α _{I_{sc}})	+0.058%/°C				
Temperature Coefficient of V _{oc} (α _{V_{oc}})	-0.330%/°C				
Temperature Coefficient of P _{max} (α _{P_{max}})	-0.410%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM 1.5G				

CHARACTERISTICS



ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

TYPE	JAP72S01 -310/SC	JAP72S01 -315/SC	JAP72S01 -320/SC	JAP72S01 -325/SC	JAP72S01 -330/SC
Max Power (P _{max}) [W]	229	232	237	241	244
Open Circuit Voltage (V _{oc}) [V]	45.83	45.89	45.94	45.99	45.41
Max Power Voltage (V _{mp}) [V]	34.32	34.45	34.64	34.82	35.02
Short Circuit Current (I _{sc}) [A]	7.18	7.23	7.29	7.35	7.40
Max Power Current (I _{mp}) [A]	6.68	6.77	6.84	6.91	6.97
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM 1.5G				

Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They are not given for comparison among different module types. The Test factor irradiation stable loading performance, test load measures 200Pa while back load measures 100Pa.

05444_01_201707/0A

We Make Solar Evolve

EiTe MONO

Monocrystalline Module



- ET-M660290WW/WB 290W
- ET-M660285WW/WB 285W
- ET-M660280WW/WB 280W
- ET-M660275WW/WB 275W
- ET-M660270WW/WB 270W

Rich Product Portfolio & Innovative Product Strategy, satisfy customer needs to the best, and keep the customers' overall costs to the lowest.



High Conversion Efficiency
Industry-leading processing techniques realize great module efficiency to a maximum of 17.83%, steady power output guaranteed.



Anti-reflective Coating and Reduce O&M Costs
Easier to clean by rainwater to remove dirt on the glass surface, making higher power output and lower maintenance costs.



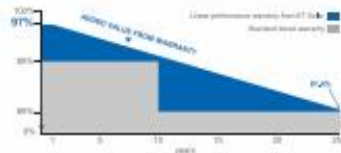
0 to +5W Positive Tolerance
Gain more power yields than expected.



Excellent Loading Capability
2400Pa wind loads, 5400Pa snow loads,
Durable and long-lasting.



Top-quality & Trustworthy Product
Rigorous Quality Management System built.
Multiple internationally recognized PV industry standard certifications obtained.



- 25** 25-year performance warranty
- 10** 10-year warranty on materials and workmanship

IEC 61215 Ed.2
IEC 61730
IEC 61701
IEC 62716
UL 1703



Towards Excellence

www.eiteolar.com

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Model Type	ET-M660290WV	ET-M660285WV	ET-M660280WV	ET-M660275WV	ET-M660270WV
	ET-M660290WB	ET-M660285WB	ET-M660280WB	ET-M660275WB	ET-M660270WB
Peak Power (Pmax)	290W	285W	280W	275W	270W
Module Efficiency	17.83%	17.52%	17.21%	16.90%	16.60%
Maximum Power Voltage (Vmp)	32.12V	31.85V	31.61V	30.97V	30.83V
Maximum Power Current (Imp)	9.03A	8.95A	8.93A	8.88A	8.76A
Open Circuit Voltage (Voc)	38.68V	38.16V	38.26V	38.08V	38.68V
Short Circuit Current (Isc)	9.58A	9.46A	9.23A	9.14A	8.12A
Power Tolerance	0 to +5W				
Operating Temperature	-40 – +85°C				
Maximum System Voltage	DC 1000V				
Nominal Operating Cell Temperature	44.4±2°C				
Fire Safety	Class C(IEC) / Type 1(UL)				
Maximum Series Fuse Rating	20A(IEC) / 15A(UL)				

MECHANICAL SPECIFICATIONS

Cell Type	156,75mm x 156,75mm
Number of Cells	60 cells in series
Weight	18,5 kg (40,79 lbs)
Dimension	1640*892*35 mm (64,57*35,06*1,38 inch)
Max Load	5400 Pascals (112 lb/ft ²)
Junction Box	IP67 rated
Connector	MCA Compatible
Output cable	4mm ² (IEC) / 12AWG PV Wire(UL)

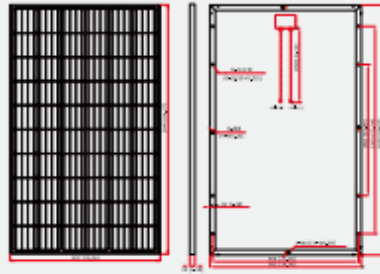
TEMPERATURE COEFFICIENT

Temp. Coeff. of Isc (TK Isc)	0,06% /°C
Temp. Coeff. of Voc (TK Voc)	-0,30% /°C
Temp. Coeff. of Pmax (TK Pmax)	-0,42% /°C

PACKING MANNER

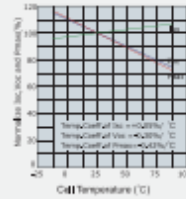
Container	20' GP	40' GP
Pieces per Pallet	29	29
Pieces per Container	348	612

PHYSICAL CHARACTERISTICS Unit:mm (inch)

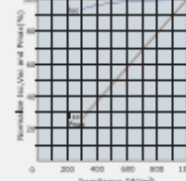


ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Temperature Dependence of Isc, Voc and Pmax



Irradiance Dependence of Isc, Voc and Pmax (AM1,5,G Temperature 25°C)



Note: the specifications are obtained under the Standard Test Conditions (STC): 1000 W/m² solar irradiance, 1,5 Air Mass, and cell temperature of 25°C. The NOCT is obtained under the Test Conditions: 800 W/m², 20°C ambient temperature, 1 m/s wind speed, AM 1,5 spectrum.
Please contact support@helios.com for technical support. The actual transactions will be subject to the contracts. This parameters is for reference only and it is not a part of the contracts. The specifications are subject to change without prior notice.

240W, 245W, 250W y 255W MÓDULO POLICRISTALINO 3BB



IUSASOL-PV-01/3BB

Módulo fotovoltaico de 60 células en silicio policristalino. Vidrio templado anti reflejante de 3.2 mm; caja de conexión IP67 con 3 diodos bypass y conectores compatibles con MC4.



NÓRMAS APLICABLES

- IEC 61215 / IEC 61730
- UL 1703
- MW-1643 / NIM-1618
- ISO 9001:2015

CÓDIGO	POTENCIA	MARCO	MASTER	PESO POR PALLET
448142	240 W	46 mm		
448139	245 W	46 mm		
448137	250 W	46 mm	25 por pallet	486 Kg
448188	255 W	35 mm		



CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

-40°C ~ +85°C	1000 V IEC ó 600 V UL	Clase A	0 ~ +5W
---------------	-----------------------	---------	---------

Temperatura de operación Máximo voltaje del sistema Clasificación Tolerancia de potencia

DIMENSIONES

1665 x 992

PESO

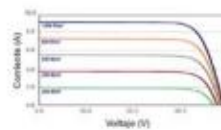
18 Kg

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modelo	PV-01-240	PV-01-245	PV-01-250	PV-01-255
Potencia nominal (P _{max})	240 W	245 W	250 W	255 W
Tensión en el punto de máxima potencia (V _{mp})	29.7 V	30.1 V	30.5 V	31.0 V
Corriente en el punto de máxima potencia (I _{mp})	8.07 A	8.13 A	8.19 A	8.23 A
Tensión en circuito abierto (V _{oc})	37.3 V	37.5 V	37.7 V	38.1 V
Corriente de cortocircuito	8.73 A	8.76 A	8.79 A	8.82 A
Eficiencia del panel	14.5%	14.8%	15.1%	15.4%

Condiciones STC: irradiancia 1,000 W/m², temperatura de célula 25°C, AM1.5

CURVAS I-V





SUNNY BOY 1.5 / 2.5



Flexible

- Amplio rango de tensión de entrada
- Interfaces de WLAN y Spoolbox integradas con Webconnect

Informativo

- Nuevo concepto de comunicación con servidor web integrado
- Monitorización de los datos de la planta mediante la interfaz web en todas las tabletas inteligentes y tablets
- Led pulsado

Con un futuro asegurado

- OptiTop Global Peak
- No requiere mantenimiento gracias a la refrigeración por convección
- Zero lead in ready
- Conexión directa con el SMA Energy Meter

Sencillo

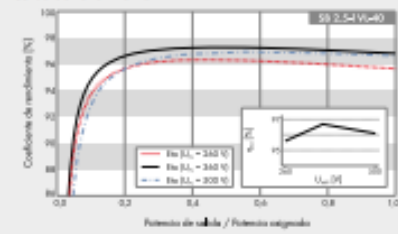
- Sistema de conexión de CC: SUNCLIP
- Instalación sencilla, peso reducido, sin necesidad de montar
- Puesta en marcha sencilla mediante interfaz web

SUNNY BOY 1.5 / 2.5

El nuevo modelo para las plantas pequeñas

El nuevo Sunny Boy 1.5/2.5 ha sido desarrollada desde cero y es el inversor perfecto para los clientes que tengan plantas fotovoltaicas de pequeño tamaño. Con su amplia zona de tensión de entrada que va de los 80 a los 600 V se puede utilizar en diversas situaciones lo que le concede una elevada flexibilidad a la hora de elegir los módulos y es, además, muy fácil de instalar gracias a su reducido peso. Después de poner en marcha el Sunny Boy 1.5/2.5 de una manera muy sencilla a través de la interfaz web, el equipo puede llevar a cabo una monitorización local mediante su red sin cables o bien, "online" con el Sunny Portal o Sunny Places.

Curva de rendimiento



● De serie ○ Opcional - - No disponible
 Datos en condiciones nominales
 Actualizado: diciembre 2015

Datos técnicos	Sunny Boy 1.5	Sunny Boy 2.5
Entrada [CC]		
Potencia de CC máx. [x 1000 W]	1600 W	2650 W
Tensión de entrada máx.	600 V	600 V
Rango de tensión del MPPT	140 V a 500 V	240 V a 500 V
Tensión asignada de entrada	240 V	240 V
Tensión de entrada mín./de inicio	50 V / 80 V	50 V / 80 V
Corriente máx. de entrada	10 A	10 A
Corriente máx. de entrada por string	10 A	10 A
Número de entradas de MPPT independientes/string por entrada de MPPT	1/1	1/1
Salida [CA]		
Potencia asignada [x 230 V, 50 Hz]	1500 W	2500 W
Potencia máx. aparente de CA	1500 kVA	2500 kVA
Tensión nominal de CA	230 V/230 V/240 V	230 V/230 V/240 V
Rango de tensión nominal de CA	180 V a 280 V	180 V a 280 V
Frecuencia de red de CA/string	50 Hz, 60 Hz/-5 Hz a +5 Hz	50 Hz, 60 Hz/-5 Hz a +5 Hz
Frecuencia/tensión asignadas de red	50 Hz/230 V	50 Hz/230 V
Corriente máx. de salida	7 A	11 A
Factor de potencia con potencia asignada	1	1
Factor de potencia ajustable		0,8 inductivo a 0,8 capacitivo
Fases de inyección/comunicación	1/1	1/1
Rendimiento		
Rendimiento máx./típico	97,2%/96,1%	97,2%/96,7%
Dispositivos de protección		
Punto de desconexión en el lado de CC	●	●
Monitorización de tensión o tensión/débil	●/●	●/●
Protección contra polarización inversa de CC/resistencia de aislamiento de CA/con separación galvánica	●/●/●	●/●/●
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente inversa	●	●
Clase de protección (según IEC 62103)/categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	1/II	1/II
Protección contra corriente inversa	No es necesario	No es necesario
Datos generales		
Dimensiones [anchura x altura x fondo]	480/257/122 mm [18,1/10,1/4,8 in]	
Peso		9,2 kg [20,3 lb]
Rango de temperatura de servicio	-40 °C a +60 °C [-40 °F a +140 °F]	
Emisiones de ruido típicas	<25 dB	<25 dB
Autosensado de fase	2,0 W	2,0 W
Topología	Sin transformador	Sin transformador
Sistema de refrigeración	Convección	Convección
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65	IP65
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4KPH	4KPH
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100%	100%
Equipamiento		
Conexión de CC/CA	SUNCB3/sumector	SUNCB3/sumector
Pantalla	-	-
Interfaces: RS485, Bluetooth®, Speedwire/Melconnet, WLAN	- / - / ● / ●	- / - / ● / ●
Servidor web integrado	●	●
Garantía: 5/10/15/20/25 años	● / ● / ● / ● / ●	● / ● / ● / ● / ●
Certificados y autorizaciones (ver la página 6)	AS4777-3, C16/11/2012, CE0216, DHS043R, G83-2, IEC61727, IEC62116, IEC62109, NEM 16149, NEN-EN50438, NRS097-3-1, VDE-AR-N105, VDE 0126-1-1, WR0014	
Modelo comercial	SB 1.5-IV40	SB 2.5-IV40

www.SMA-Iberica.com

SMA Solar Technology

SMA Solar Technology AG, Solar Energy Division, Am Altenwall 116, 42699 Solingen, Alemania. SMA Solar Technology AG, Solar Energy Division, Am Altenwall 116, 42699 Solingen, Alemania. SMA Solar Technology AG, Solar Energy Division, Am Altenwall 116, 42699 Solingen, Alemania.



FORTE PLUS

FORTEPLUS1KM2/1, FORTEPLUS1.5KM2/1, FORTEPLUS2.5KM2/1, FORTEPLUS3KM2/1, FORTEPLUS3KM2/2,
FORTEPLUS4KM2/2, FORTEPLUS5KM2/2, FORTEPLUS6KT2/2, FORTEPLUS10KT2/2

INVERSOR DE INTERCONEXIÓN A LA RED

FICHA TÉCNICA



SERIE FORTE PLUS

FORTEPLUS1KM2/1, FORTEPLUS1.5KM2/1, FORTEPLUS2.5KM2/1, FORTEPLUS3KM2/1, FORTEPLUS3KM2/2, FORTEPLUS4KM2/2, FORTEPLUS5KM2/2, FORTEPLUS6KT/2 y FORTEPLUS10KT/2

ESPECIFICACIONES

CONNERA FORTE PLUS es un inversor de interconexión de última generación, que transforma el voltaje de corriente directa generado por los paneles fotovoltaicos en voltaje de corriente alterna para suministrar a la red eléctrica.

APLICACIONES

- Residenciales
- Oficinas
- Industrias

VENTAJAS

- Certificación IEC (EN 62109-1 y EN 62109-2)
- Eficiencia superior al 96%
- Algoritmo MPPT con una eficiencia del 99.9%
- Amplio rango de voltaje de red: 180 a 270 VCA
- Diseño seguro: Las conexiones se llevan a cabo sin abrir el inversor (excepto el inversor de 10kw el cual es necesario abrir la tapa de seguridad para la conexión VCA), esto ayuda a disminuir el riesgo de contactos involuntarios con elementos de potencia o control
- Display iluminado
- Botones de navegación
- Incluye desconectador para corriente directa
- Diseño estético
- Fácil instalación
- Compacto, ligero
- Montaje mural sencillo (base de montaje incluida)
- Sistema de conexión (VCD) a través de conectores MC4
- Incluye conector IP 67 para la conexión a la red VCA (excepto el inversor de 10kw)
- Incluye dispositivo WIFI para monitoreo remoto
- Monitoreo remoto: Al conectar el equipo a internet le permitirá a través de la aplicación CONNERA FORTE PLUS (para sistemas IOS y Android) tener un monitoreo remoto de su instalación



PROTECCIONES

- Polaridad inversa
- Cortocircuito
- Sobreintensidad de salida
- Sobrevoltaje de salida-varistor
- Monitoreo de falla a tierra
- Monitorización de red
- Contra operación en modo isla
- Contra altas temperaturas

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

- Temperatura de operación: -20° a 55° C
- Humedad ambiental: 4 ~ 100%
- Frecuencia nominal de la red: 50/60hz
- Grado de protección: IP65
- Altitud máx. sin reducción de funcionamiento: 2000m

DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO

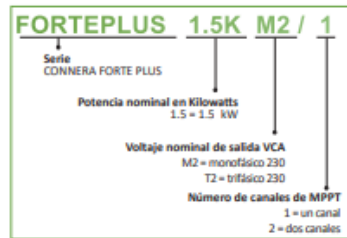


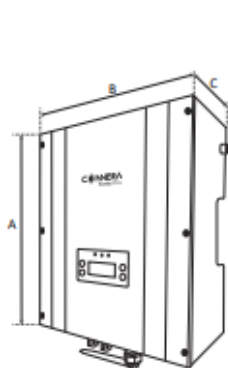
TABLA DE ESPECIFICACIONES

CÓDIGO	VOLTAJE DE ENTRADA MÁX VCD	RANGO DE VOLTAJE MPPT VCD	NÚMERO DE CANALES DE MPPT	CORRIENTE MÁXIMA DE ENTRADA POR CANAL (A)	*MÁXIMA POTENCIA DE ENTRADA (Wp)	RANGO DE VOLTAJE DE RED (VCA)	POTENCIA NOMINAL DE SALIDA (Watts)	VOLTAJE NOMINAL DE SALIDA FASES X VCA
FORTEPLUS1KM2/1	450	50 a 400	1	10	1100	180 a 270	1000	1 X 230
FORTEPLUS1.5KM2/1		90 a 400			1600		1500	
FORTEPLUS2.5KM2/1	500	120 a 400		14	2700		2500	
FORTEPLUS3KM2/1				17	3200		3000	
FORTEPLUS3KM2/2	550	120 a 450	2	12	3200		3000	
FORTEPLUS4KM2/2				16	4200		4000	
FORTEPLUS5KM2/2				18	5200	5000		
FORTEPLUS6KT/2	850	250 a 800		11	6600	6000	3 x 230	
FORTEPLUS10KT2/2		300 a 800		15	11000	10000		

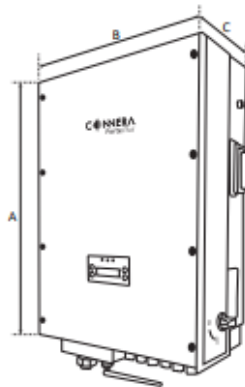
*Para los modelos con 2 canales MPPT, se debe dividir la potencia máxima de entrada entre el número de canales mppt.

DIMENSIONES Y PESOS

CÓDIGO	DIMENSIONES EN (mm)			PESO (kg)
	A	B	C	
FORTEPLUS1KM2/1	320	345	170	9
FORTEPLUS1.5KM2/1	360			12
FORTEPLUS2.5KM2/1				450
FORTEPLUS3KM2/1	17			
FORTEPLUS3KM2/2				
FORTEPLUS4KM2/2	650			463
FORTEPLUS5KM2/2	730	465	222	42



Para modelos de 1 a 6K



Modelo de 10K



Incluye Dispositivo WIFI para monitoreo remoto

Incluye Dispositivo WIFI para monitoreo remoto

Incluye DESCONECTOR para corriente directa



CON POSIBLE EXTENSIÓN DE

15-20 AÑOS AÑOS

PV On-Grid Connected Inverter

EPIG-1K / EPIG-2K



Technical Specifications

Models	EPIG-1K	EPIG-2K
INPUT (DC)		
Max. DC input power	1200 W	2300 W
Max. DC input voltage	500 V	500 V
Starting voltage	100 V	150 V
Rated voltage	380 V	380 V
DC input voltage range	80 V – 500 V	100 V – 500 V
Full-load MPPT voltage range	110 V – 500V	175 V – 500 V
Max. input current	10 A	12 A
Number of independent MPPT inputs	1	1
Max. number of PV strings	1	1
OUTPUT (AC)		
Rated AC output power	1000 W	2000 W
Max. AC output power	1100 W	2200 W
Max. AC output current	5.5 A	11 A
Rated output voltage range	220 V / 230 V / 240 V / 180 V – 270 V	
Rated grid frequency range	50 / 50 ± 5 Hz, 60 / 60 ± 5 Hz	
Power factor	1	
THD (rated output)	< 3%	
EFFICIENCY		
Max. efficiency	96%	97%
European efficiency	95%	96%
MPPT efficiency	0.999	
PROTECTIONS		
DC input reverse polarity protection	Yes	
Input DC impedance monitoring	Yes	
Leakage protection	Yes	
AC short-circuit protection	Yes	
Mains power monitoring	Yes	
Output DC component detection	Yes	
GENERAL DATA		
Self-consumption (at night)	< 0.5 W	
Isolation type	Transformerless	
Display	2 × LED and LCD	
Communications	RS485 / WiFi / Zigbee	
Cooling method	Natural cooling	
Noise	< 30 dB	
Operating temperature	-25 ~ 60 °C	
Relative humidity	0 ~ 95% non-condensing	
Altitude	2000 m	
IP rating	IP65	
Installation environment	Outdoor or indoor	
Installation method	Wall mounting	
Dimensions (W × D × H) (mm)	335 × 355 × 147	
Packaged dimensions (W× D × H) (mm)	405 × 465 × 240	
Net weight (kg)	12.5	
Gross weight (kg)	15	



High Efficiency, High Benefits

- Transformerless design, maximum efficiency up to 97%.
- Advanced MPPT technology with MPPT efficiency up to 99.9%.
- Wide input voltage range | 100 Vdc – 500 Vdc, flexible configuration for solar panels.

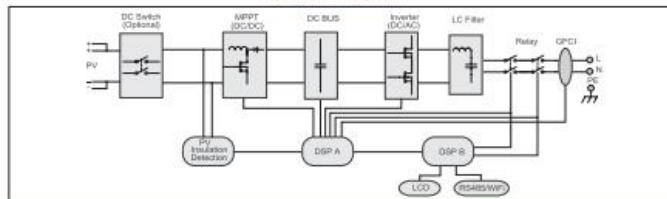
Easy Installation, Flexible Operation

- Small footprint.
- Waterproof and dustproof (IP65) design.
- No fan, low noise (noise level < 30 dB), suit for indoor installation.
- Pluggable waterproof connector, easy installation and maintenance.
- Knock activated LCD, RS485 / Wi-Fi / GPRS communications.

Robust and Reliable, Lasting Benefit

- Intelligent failure detection, alarm and protections.
- Natural cooling, 25 years lifetime.
- Wide operating temperature range -25 ~ +60 °C, continuous power generation at full load in high temperature environment.
- TUV / CE / CQC certified.

Principle Diagram



www.syscom.mx



Solis-mini-1000-4G-LV

Inversores Solis 4G Mini



360 grados

Características:

- Más del 97.2% de eficiencia máxima
- Cumplimiento con UL 1741, IEEE1547
- Tecnología de conmutación de alta frecuencia
- Rango de voltaje ultra amplio, voltaje de arranque ultra bajo
- Algoritmo preciso de MPPT
- Interrupción de circuito de falla de arco integrado (AFCI)
- Administrador de energía de exportación integrado (EPM)
- Compacto y ligero
- Conexión amigable y adaptable a la red



Modelo:

Solis-mini-1000-4G-LV

Modelo	Sola-mini-1000-4G-LV
Entrada (CC)	
Potencia de entrada máxima recomendada	1.2kW
Voltaje máxima de entrada	600V
Voltaje de nominal	200V
Voltaje de arranque	90V
Rango de voltaje MPPT	50-500V
Corriente máxima de entrada	11A
Corriente máxima de cortocircuito	17.2A
Número de MPPT(Número máxima de cadenas de entrada)	1/1
Salida (CA)	
Potencia nominal de salida	1kW
Potencia máxima de salida aparente	3kVA
Potencia máxima de salida	1kW
Voltaje nominal de la red	1(N)/PE, 110V
Frecuencia nominal de la red	60Hz
Corriente nominal de salida de red	9.1A
Corriente máxima de salida	9.2A
Factor de potencia	>0.99 (0.8 que lleva a 0.8 de retraso)
THDI	<3%
Eficiencia	
Eficiencia máxima	97.2%
Eficiencia EU	96.5%
Protección	
Protección contra polaridad inversa DC	Si
Protección contra cortocircuito	Si
Protección de sobrecorriente de salida	Si
Protección contra sobretensiones	Si
Monitoreo de red	Si
Detección Anti-Isa	Si
Protección de temperatura	Si
AFCI integrado (Protección de circuito de falla de arco CC)	Si
Interruptor de CC integrado	Opcional
Datos generales	
Dimensiones (longitud*ancho*altura)	330*173*160 mm
Peso	7.4kg
Topología	Sin Transformador
Consumo propio	<1W (noche)
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 ~ +60°C
Humedad relativa	0-100%
Nivel de protección	IP65
Enfriamiento	Convección natural
Altitud máxima de funcionamiento	4000m
Conformidad	UL 1741, IEEE1547, EN50549, AS4777.2:2015, VDE0126-1-1, IEC 61727, VDE4105-2018, G99, IEC6100-1/-2, NBT32004-2018, EN61000-6-1, EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-6-4
Características	
Conexión de CC	Conector MC4
Conexión de CA	Enchufe de conexión rígida
Pantalla	LCD, 2*20 Z
Comunicación	RS485, Opcional: Wi-Fi, GPRS

Tabla 310-15(b)(17).- Ampacidades permisibles de conductores individuales aislados para tensiones hasta e incluyendo 2000 volts al aire libre, basadas en una temperatura ambiente de 30 °C*.

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THHW-LSOH, THW-2, THW- 2-LSOH, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THW, THWN, XHHW, USE	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18	—	—	18	—	—	—
1.31	16	—	—	24	—	—	—
2.08	14**	25	30	35	—	—	—
3.31	12**	30	35	40	—	—	—
5.26	10**	40	50	55	—	—	—
8.37	8	60	70	80	—	—	—
13.3	6	80	95	105	60	75	85
21.2	4	105	125	140	80	100	115
26.7	3	120	145	165	95	115	130
33.6	2	140	170	190	110	135	150
42.4	1	165	195	220	130	155	175
53.5	1/0	195	230	260	150	180	205
67.4	2/0	225	265	300	175	210	235
85.0	3/0	260	310	350	200	240	270
107	4/0	300	360	405	235	280	315
127	250	340	405	455	265	315	355
152	300	375	445	500	290	350	395
177	350	420	505	570	330	395	445
203	400	455	545	615	355	425	480
253	500	515	620	700	405	485	545
304	600	575	690	780	455	545	615
355	700	630	755	850	500	595	670
380	750	655	785	885	515	620	700
405	800	680	815	920	535	645	725
456	900	730	870	980	580	700	790
507	1000	780	935	1055	625	750	845
633	1250	890	1065	1200	710	855	965
760	1500	980	1175	1325	795	950	1070
887	1750	1070	1280	1445	875	1050	1185
1013	2000	1155	1385	1560	960	1150	1295

* Véase 310-15(b)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es diferente a 30 °C.

** Véase 240-4(d) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

1 INPUT 1 OUTPUT

600VDC / 1000VDC

IP65 DC string box is designed for 1 string PV system.
For surge protection and over-load protection at solar DC side.

DC Breaker

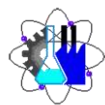
- ☑ UL489B design, IEC60947-2 PV standard
- ☑ Over-load, short circuit Protection
- ☑ Non Polarity for easier wiring

DC SPD

- ☑ New IEC 61643, UL1449
- ☑ Designed for solar PV protection
- ☑ Higher capacity In 20KA (IEC, UL)
- ☑ Response time < 25ns



Specification		
Model Number	BHS-1/1	
Input	1 string	
Output	1 string	
Max Voltage	600V	1000V
Rated Current of DC Breaker	15A	15A
Max Current Output	63A	40A
Enclosure		
Material	Polycarbonate/ABS	
Degree of Protection	IP65	
Impacts	IK10	
Dimensions	BX-13: L290*W220*H120mm	
Input Cable Glands	PG09, 2.5-16	
Output Cable Gland	PG21, 2.5-16	
Environment		
Operating temperature	-25°C - +60°C	



DR. LUIS CISNEROS VILLALOBOS
DR. JOSE GERARDO VERA DIMAS
DRA. RIZO AGUILAR ARELI
DR. JOSE LUIS GUTIERREZ DIAZ
ING. FCO. JAVIER BECERRA GONZALEZ
P R E S E N T E

Me permito comunicarles que han sido designados integrantes del **COMITÉ REVISOR** del trabajo de: **TESIS**

Titulado:

**PROYECTO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA CASA HABITACIÓN A
TRAVÉS DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS**

Que presenta (el) o (la) **C. BERNARDO Yael Matilde Martínez**, del programa educativo de
INGENIERÍA ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA.

A T E N T A M E N T E
Por una humanidad culta

DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ
DIRECTORA

Se anexa firma electrónica

D I C T A M E N

DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ
DIRECTORA DE LA FCQeI
P R E S E N T E

En respuesta a su amable solicitud para emitir DICTÁMEN sobre el trabajo que se menciona, me permito informarle que nuestro voto es:

VOTO	NOMBRE	FIRMA
	DR. LUIS CISNEROS VILLALOBOS	
	DR. JOSE GERARDO VERA DIMAS	
	DRA. RIZO AGUILAR ARELI	
	DR. JOSE LUIS GUTIERREZ DIAZ	
	ING. FCO. JAVIER BECERRA GONZALEZ	

El voto del comité es aprobatorio, se anexan firmas electrónicas
VALH/fjbg



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ | Fecha:2022-03-26 21:30:45 | Firmante

CsGUmKSoVBw1eSsuTWRaXufojhQRqBAEREmPC7vFsvZV7bID4AYo+KUDTVKxREWIAGoHHGawYfA+pJ6yHIXFAYBLanlj9fnsIWni8TjL78M5OhSzeoBP2uq9dIL5Y9P5+jkOx8MgXBlqytVjLDE2msCMdH98h9DoqolEy4x249xYPqpBJlnIQvRlk4SgAVQGc/e1luovFf/8Tp+5vzn866+0L9z5BsVlc9pjXEyik3Xd8dlfp/mGUfmMPWXzt7s0fFonqdfHs2Jf5C1EvymUpTo9skEyfSi0qBG5h+RsKEp5RqXeY5hJGQnT+jOmU9FwFnyziZ5irKzbvK0VC4jnw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[3w9sbLOrz](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/0FfcrNKHBpYs4RoGv4GgLPC48Vis7OrV>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JOSE GERARDO VERA DIMAS | Fecha:2022-03-28 13:58:30 | Firmante

nG6zNyU7MmNU1yqTeo4Ydtf6rG8ERCGW7k9Lvn3mfk0mWQOPkGfyrsX9Y8O716sl8vK3H9pMfy+KHxFeRx1gJ9sw8ARQvF4UuVk3ldRWk1waN23NlwOWfhwFeEomhW7kR
V6F14YeSueQAVwFebRom4Unvl4AMg+/Q25dgOon26Q1R4GnkBQCnnQJoYs67H2Y1Ft68SYJ95n0+YK2wQ6TxOwtGcn/plSxa3PmGieLVs3G8LUyXfBSmb9GEAFDIPTEotG
sUDkclR2n0oisMW/N1OsqnRtpKCRm1VWd8v6LHoBaYONg5vKs4NX7r0qcjl8e7XeKkLERZne/rfLz5w==

LUIS CISNEROS VILLALOBOS | Fecha:2022-03-28 18:50:56 | Firmante

d1IOxtbJgWqpiUwCgKTicJZJUQdvDJgja9IVTehwFLi3nAEYgOFZUFrYnz9KhLMYpBrLM5YTQusgGgwQJR1o5xE/5LzQep4X/Qh4QercEKZUULP7biwOSNTInFCvnUvsioTiCa+E
onL1sCzKIN6MSG6nqVORGDacg0OBgYrrCGyM9PEc9Q2hwOGUjdcieeNtcWDXz9gTIZL2ddmrwTICETTh9zHy4TmkXQRy4QnVA4P5Sq+xx91GCJOx6dKzFESoyCrTuF69Q
QmYVucGjC8h7Fn27O5wJmthuZo/q61QeAGWXCSfPv1ZnYywKDuXRgVLaR5JRXHf61466xynLg==

JOSE LUIS GUTIERREZ DIAZ | Fecha:2022-03-28 21:59:41 | Firmante

U8HnhfjnoOTgKLCz6/bu5BOiYhlwYJvk3IWd4KdQSVl9YYouBMMi1SddVp5D8YayoGd0FJDJwGz5SXtrhVRcSKuEvaw7ZK/aVnp6X8PP7e5pR/NSuTOdyQNvsEFHlLeP6mTej9Az
opZzjv4S3FTbilTLkI4LJfxK4Pb4Hh8Lk1eve+klduewn7bOvS4exHSnXp3DGIp85g9lbrHm6tJlfc8vUSbYLoKDs8H1a3obnVcTMSFizY1ykSknH9hk8Fua2/Hxc638xePglKZIQbUT+3
eUukZ7j0PhdMEk7YqJJ/W/fWDqikjsOF+CF+1BpQbwyo6qQmr3uveuYImGMTxAhw==

FRANCISCO JAVIER BECERRA GONZALEZ | Fecha:2022-03-29 09:34:05 | Firmante

cc9IB4yLZFI+8X3ERAsI/dHi7uDQ/VE2Lzk26qXrEKoe1F990QLJLgNoJb1hJJQwOO5lqvQmC5Q256md5uikPny6DtUMQrXjhIXU1AtkqXPj6esCjHALtK1QfeFDgINAv4q5a060Sf
QeH9Ja8I/E9XGGRwdbZNSwQjgkL8nrWB5Cxl4PD/npMYLkK6TFtpqQa4PHVE2X/NQeJLZwQnmdNcyfMCZe8kM2ucnWi+v5oTxmng+r+f6t9I5U7NN8CGbyKtcOLKpKIFPbWIV
KS8+dDefVswgyNq7DgfDxmGo+KB6a3UmrjRPkswF10JcmLKEQACSerL53fRi9pEeUfoig==

ARELI RIZO AGUILAR | Fecha:2022-04-04 21:58:25 | Firmante

DWj5afnMsdKCKPfxAqmz8HJnvhmS3vdGleNIm0ag+HlWNTkNVAGwHs51s+nRcBWL+aJ0WCnAgjpmAZbwy8u7SRDv8apCWPIE+tzlS1duyQ1YcR/UZgdrMK6tGhpjdP8wr3eM
zdcld7cNY9hmjke05ztOecl+F0OWUkFmW7jTva7YMDR0B5JXAi8KP0u8Mxx0oRfE2+m9YwMfJsjp1F06DRscdmuKmCgxEn5hisaUYxILYbjFK7/tYJZVEihXvV0Gz2Oo1gU/b07C
vunFOgX/PCrtt26srU8eP40Xsy41DNUa0EXGkHrxVZHU9tbE3q/Eh9wv01Hv0EjPJT8VN67g==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



www.uaem.mx

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/6H6vP9GB5iydveEfGoS6AzBd4QqEUyra>

