

SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA LA ALIMENTACIÓN DE LA
VEREDA LA CONCEPCION DEL MUNICIPIO DE YONDÓ ANTIOQUIA.

ARIEL ANDRES ISEDA MIRANDA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA
2021

COLOMBIA

SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA LA ALIMENTACIÓN DE LA
VEREDA LA CONCEPCION DEL MUNICIPIO DE YONDÓ ANTIOQUIA.

ARIEL ANDRES ISEDA MIRANDA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO

DIRECTOR: M.SC. LUIS DAVID PABÓN FERNÁNDEZ
ING. ELECTRICISTA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA
2021

Nota de aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Director

13 de noviembre de 2021

PENSAMIENTO

“El verdadero buscador crece y aprende, y descubre que siempre es el principal responsable de lo que sucede”

Jorge Buca

DEDICATORIA

A mi padre por siempre estar conmigo apoyándome en los momentos más difíciles, a mi madre por siempre creer en mí e inculcarme que todo se puede hacer si tenemos a Dios presente es todos nuestros proyectos.

A mis hermanas Karoll y Jessica por ser siempre un apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por siempre escuchar mis oraciones y guiarme en momentos tan difíciles.

A mi tía Denis por siempre apoyarme y ayudarme en momentos muy duros, a mi tío Javier por siempre estar presente y contar incondicionalmente con el.

A mi tío Yeiner por enseñarme muchas cosas que me llevaron a escoger esta carrera profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
2 JUSTIFICACIÓN.....	17
3 OBJETIVOS.....	18
3.1 OBJETIVO GENERAL	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4 MARCO TEÓRICO	19
4.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	19
4.2 LA RADIACIÓN SOLAR.	19
4.3 MAPA DE RADIACIÓN SOLAR EN COLOMBIA.....	21
4.4 EFECTOS DE LA ATMOSFERA SOBRE LA RADIACIÓN.....	23
4.5 TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR SOBRE UNA SUPERFICIE.....	24
4.6 TRAYECTORIAS DEL SOL.....	25
4.7 EFECTO FOTOVOLTAICO.	26
4.8 DESCRIPCION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	27
4.8.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos	27
TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA.....	28
4.9 28	
4.9.1 Silicio monocristalino.	28
4.9.2 Silicio policristalino.....	29
4.9.3 Silicio de Amorfo	29
4.10 PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL PANEL SOLAR	29
4.10.1 Corriente de corto circuito	30
4.10.2 Voltaje de circuito abierto.....	30
4.10.3 Potencia máxima o potencia pico	30
4.11 INVERSOR	31
4.11.1 Aspectos importantes que deben cumplir los inversores	31
4.11.2 . Inversores para conexión a la red eléctrica.....	31
4.12 BATERÍAS.....	32
4.12.1 Tipos de baterías solares.....	33
4.12.2 Controlador de carga o regulador de carga	33

4.12.3	Etapa de carga de la mayoría de controladores	34
5	RESULTADOS	35
5.1	UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	35
5.2	SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE ALIMENTACIÓN	36
5.3	RADIACIÓN SOLAR EN EL SITIO DE INSTALACIÓN	38
5.4	CONSUMO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES	39
5.5	ELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA	39
5.6	DIMENSIONADO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	40
5.6.1	Ángulo óptimo de inclinación	40
5.6.2	Determinación de la Irradiación global diaria sobre la superficie del generador	41
5.6.3	Determinación de los parámetros eléctricos del generador	50
5.7	DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN.....	58
5.8	DIMENSIONADO DEL REGULADOR DE CARGA	61
5.8.1	Determinación de los parámetros eléctricos del regulador de carga	61
5.8.2	Selección del regulador de carga.....	63
5.9	DIMENSIONADO DEL INVERSOR	64
5.9.1	Determinación de los parámetros del inversor.....	64
5.9.2	Selección del inversor	65
5.10	DIMENSIONADO DE LOS CONDUCTORES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	66
5.10.1	Cálculo del cableado en corriente continua	70
5.10.2	Cálculo del cableado en corriente alterna.....	75
5.11	DIMENSIONADO DE LAS PROTECCIONES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	77
5.11.1	Protecciones del generador	77
5.11.2	Protecciones del sistema de acumulación	82
5.11.3	Protección del inversor y los circuitos de utilización	82
5.12	ESTRUCTURA METÁLICA PARA LA INSTALACIÓN DE LOS MÓDULOS	84
6	INVENTARIO Y PRESUPUESTO DE LOS MATERIALES.....	85
6.1	LISTADO DE MATERIALES.....	85
6.2	PRESUPUESTO.....	86
7	CONCLUSIONES	89

8	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	90
9	ANEXOS.....	92

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Figura 1. Espectro electromagnético de la radiación solar	19
Figura 2.Orbita de la tierra y el movimiento alrededor del sol	20
Figura 3. Mapa de radiación solar en Colombia.....	22
Figura 4.Masa de aire para distintos ángulos cenitales.	23
Figura 5. Tipos de radiación sobre una superficie	24
Figura 6. Movimiento del sol	26
Figura 7. Sistema fotovoltaico aislado	27
Figura 8. Sistema fotovoltaico conectado a la red	28
Figura 9. Tipos de celdas fotovoltaicas	29
Figura 10. Curva característica I-V de una celda solar	30
Figura 11. Ubicación de la instalación.	35
Figura 12. Distancias entre las viviendas del proyecto.	37
Figura 13. Sistema fotovoltaico con acumulación e inversor.	40
Figura 14. Orientación de una superficie en el hemisferio norte.....	42
Figura 15. Simulación del factor de sombras para la vivienda 1.....	45
Figura 16. Simulación del factor de sombras para la vivienda 2.....	46
Figura 17. Simulación del factor de sombras para la vivienda 5.....	46
Figura 18. Simulación del factor de sombras para la vivienda 8.....	47
Figura 19.Simulación del factor de sombras para la vivienda 9.....	47
Figura 20. Simulación del factor de sombras para la vivienda 10.....	48
Figura 21. Simulación del factor de sombras para la vivienda 14.....	48
Figura 22. Arreglo de paneles.....	55
Figura 23. Tramos de línea en un sistema fotovoltaico aislado.	67
Figura 24. Fusibles en el generador fotovoltaico.	78
Figura 25. Elemento de maniobra del generador fotovoltaico.....	79
Figura 26. interruptor en carga - seccionador.	80
Figura 27. Protección contra sobretensiones del generador fotovoltaico.....	81
Figura 28. Dps seleccionado para la instalación.....	81
Figura 29. Protección de la batería de acumuladores.....	82
Figura 30. Interruptor termomagnético seleccionado.....	83
Figura 31. Estructura metálica para módulos fotovoltaicos.....	84
Figura 32. Número de estructuras para cada arreglo.	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parametros generales de entrada y salida de convertidor DC/AC	32
Tabla 2. Puntos de georreferenciación de las viviendas.	36
Tabla 3. Irradiancia diaria media mensual en la ubicación del proyecto	38
Tabla 4. Cuadro de cargas para cada vivienda.....	39
Tabla 5. Tensión nominal del sistema en función de la potencia.	40
Tabla 6. Ángulo óptimo de inclinación para cada vivienda.	41
Tabla 7. Valores medidos de orientación e inclinación de las viviendas.....	43
Tabla 8. Factor de irradiación calculado.	44
Tabla 9. Identificación de las viviendas que presentan sombras.	45
Tabla 10. Factor de sombreado para las viviendas.	49
Tabla 11. Cálculo de la irradiación para un ángulo de inclinación y orientación elegido.	50
Tabla 12. Valores típicos de PR recomendados.	51
Tabla 13. Cálculo de la potencia mínima del generador fotovoltaico.	51
Tabla 14. Características técnicas del módulo solar uno seleccionado.	52
Tabla 15. Características técnicas del módulo solar dos seleccionado.	53
Tabla 16. Número de paneles para cada vivienda.....	54
Tabla 17. Condición para tener un buen funcionamiento.....	55
Tabla 18. Potencia máxima del generador para cada arreglo.	56
Tabla 19. Tensión de circuito abierto de cada generador.	57
Tabla 20. Tensión máxima de cada generador.....	57
Tabla 21. Intensidad de cortocircuito de cada generador.	57
Tabla 22. Intensidad máxima de cada generador.	58
Tabla 23. Características técnicas de la batería seleccionada.	60
Tabla 24. Condición para no sobredimensionar.....	61
Tabla 25. Tensión nominal del regulador de carga.	62
Tabla 26. Intensidad nominal del regulador de carga.	62
Tabla 27. Tensión máxima de entrada del regulador de carga.	62
Tabla 28. Parámetros nominales del regulador de carga.	63
Tabla 29. Características técnicas del regulador de carga seleccionado.	63
Tabla 30. Parámetros del inversor.	65
Tabla 31. Características técnicas del inversor seleccionado.....	66
Tabla 32. Longitudes máximas para cada tramo.	67
Tabla 33. Reparto de caídas de tensión para cada tramo.	69
Tabla 34. Factor de corrección para cables sistemas fotovoltaicos.	69
Tabla 35. Características técnicas cable solar Exzhellent.	70
Tabla 36. Corriente de cortocircuito de cada módulo para cada arreglo.....	70
Tabla 37. Corriente de cortocircuito de cada generador sobredimensionada.	72
Tabla 38. Corriente de cortocircuito de cada generador sobredimensionada.	73
Tabla 39. Características técnicas cable solar RZ1-K (AS) 0,6/1 kV CPR.....	76
Tabla 40. Dimensionamiento del fusible para el generador.	78
Tabla 41. Valores de tensión y corriente para la selección del interruptor-seccionador.....	80
Tabla 42. Valores de tensión para el dps.....	81

Tabla 43. Dimensionamiento del fusible para el sistema de acumulación.82

RESUMEN

Este proyecto está basado en el diseño de un sistema fotovoltaico para la alimentación de la vereda la concepcion del municipio de Yondó, en el cual se beneficiarán 16 viviendas de tal forma que las personas que habitan en esta tengan una mejor calidad de vida. La vereda la concepcion se caracteriza por ser una zona de pesca, agricultura y ganadería en la cual se encuentra compuesta aproximadamente por 135 personas, donde su principal medio de entrada es por agua.

Además, se busca proporcionar un estudio para realizar los cálculos eléctricos partiendo de la potencia del proyecto y las condiciones que se deban cumplir por seguridad para tener un sistema en muy buenas condiciones.

INTRODUCCIÓN

La energía solar es un recurso suministrado por el sol la cual llega en enormes cantidades de radiación, por lo tanto, es útil para la supervivencia de todos los seres vivos que habitan el planeta (en especial las plantas para que realicen el proceso de fotosíntesis). Al analizar este recurso el hombre ha descubierto maneras para aprovechar dicha energía a través de métodos y sistemas que lo han llevado fortalecer la calidad de vida de las personas contribuyendo con el cuidado del medio ambiente.

La forma que el hombre ha descubierto es por medio de sistemas fotovoltaicos; cuya función es captar la energía solar y transformarla en energía eléctrica, destinándola para el empleo de iluminación, dispositivos electrónicos (ordenador, teléfono móvil, TV, radio), y entre otros fines. Cabe destacar que la magnitud del sistema fotovoltaico va en dependencia de la cantidad de equipos en la cual se tiene proyectado suministrar energía.

Actualmente las energías renovables es la opción más ideal para ayudar a mantener limpio nuestro planeta y además está apoyado por los entes reguladores de energía eléctrica, así como en el empleo de sistemas fotovoltaico, y de esta manera en el presente trabajo se analizan cada uno de los factores tales como, nivel de radiación, épocas del año con mayor radiación, tipos de paneles y características, potencia de los inversores, reguladores de tensión, baterías etc. Adicionalmente el estudio matemático que involucra la instalación de dicho sistema.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso de la energía eléctrica se ha venido aumentando cada día más, ya que el ser humano se acostumbró a utilizar herramientas que le permiten tener una mejor calidad de vida, por tal motivo se ha convertido en una necesidad fundamental.

En la actualidad el municipio de Yondó Antioquia presenta el 3,23% de población rural sin electrificación, en la que se encuentra la vereda la Concepción la cual está ubicada de manera muy dispersa a las zonas de conexión eléctrica, lo que hace costosos y complejos los proyectos de electrificación con la red.

De este modo se ve la necesidad de diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para esta comunidad, la cual beneficiara a muchas personas que hoy en día no cuentan con este servicio.

2 JUSTIFICACIÓN

La falta del servicio de energía eléctrica ha traído muchas consecuencias, como el poco desarrollo agropecuario, desplazamiento y una muy baja calidad de vida, debido a que estas personas no pueden hacer uso de herramientas y soluciones que a lo largo del tiempo se han convertido en indispensables para el mayor aprovechamiento de los diferentes recursos naturales como los que caracterizan esta zona, que son la pesca y la agricultura.

El Covid-19 nos dio nuevas formas de estudiar por medio de dispositivos celulares y computadores donde se puede acceder a distintas plataformas digitales desde cualquier lugar, algo muy positivo ya que las personas con solo contar con el servicio de energía eléctrica, un dispositivo e internet pueden tener toda la información posible para fortalecer el ámbito educativo y así traer nuevas oportunidades para estas comunidades.

El proyecto busca mejorar las condiciones de vida de esta comunidad y al mismo tiempo apostarle al uso de energías limpias como lo es la energía solar fotovoltaica que puede ser instalada en la zona.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar el sistema fotovoltaico autónomo para la alimentación de la vereda la Concepción en el municipio de Yondó Antioquia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la solución que mejor se ajuste para el problema de alimentación eléctrica en la vereda la Concepcion.
- Obtener las características del potencial solar fotovoltaico en la ubicación de las viviendas de la vereda la Concepcion.
- Realizar los cálculos del sistema fotovoltaico autónomo para la selección de sus componentes.
- Elaborar el inventario y presupuesto de los materiales a utilizar para el proyecto.

4 MARCO TEÓRICO

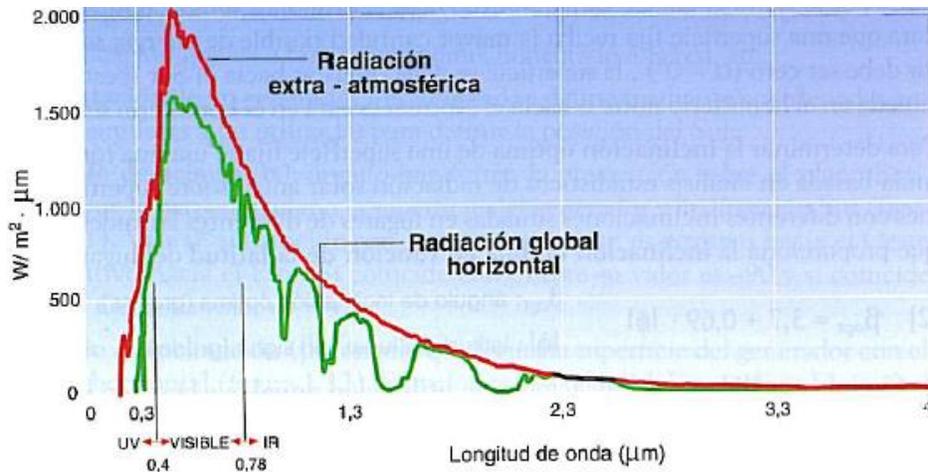
4.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Es una energía proveniente del sol la cual esta identificada como un tipo de energía renovable, esta energía es obtenida por medio de los módulos fotovoltaicos cuando la luz solar llega a una o varias células fotoeléctricas que componen el módulo fotovoltaico. La energía solar presenta muchas ventajas pero una de las más importantes es que no se hace uso de combustibles fósiles que generan unos cambios muy negativos a nivel ambiental¹.

4.2 LA RADIACIÓN SOLAR.

Es la reacción que se genera en sol produciendo la fisión en el núcleo de sus partículas y es transmitida a través de radiación electromagnética, alcanzado la atmosfera de la tierra con longitudes de onda que rondan entre $0.15\mu\text{m}$ a $4\mu\text{m}^2$. Como se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Espectro electromagnético de la radiación solar



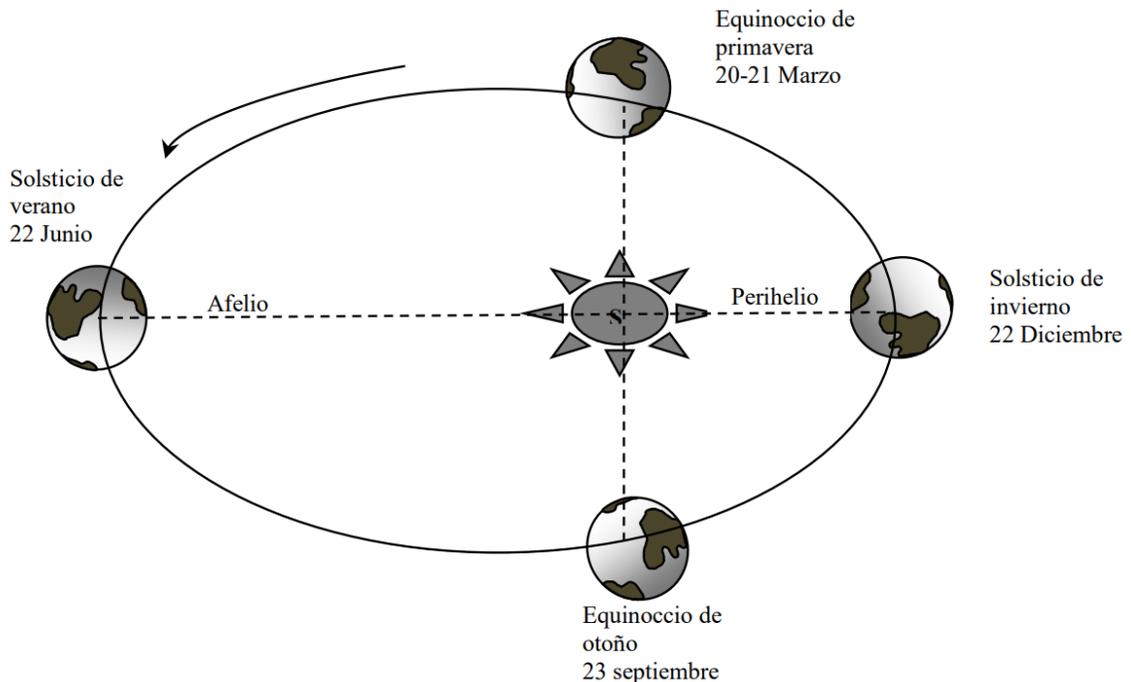
Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex p. 248.

¹ STYLE, Oliver. Energía solar autónoma: planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo, Primera Edición, mayo 2012. P. 178

² CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex, 2010. p. 247

En la superficie terrestre no siempre en todos los puntos se obtiene el mismo valor de radiación solar, ya que esta cantidad depende de la distancia que tenga entre la tierra y sol, la cual está cambiando continuamente entre los valores de $147 * 10^6$ y $152 * 10^6$ debido a que el rumbo que sigue la tierra esta descrita por una trayectoria en forma de elíptica como se puede ver en figura 2. Como el valor de la distancia entre la tierra y el sol fluctúa entre dos valores, el valor de irradiación también tendrá el mismo comportamiento los cuales estarían dados por un límite inferior de 1.325 W/m^2 , un límite superior de 1.41 W/m^2 y un valor medio de 1.353 W/m^2 el cual tiende a variar durante el transcurso del año por varios elementos como lo son la masa de aire, las condiciones atmosféricas y meteorológicas³.

Figura 2. Orbits of the Earth and its movement around the Sun



Fuente: DOMINGUEZ, Hector, Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el cobaev 35 xalapa. Trabajo de grado maestría en ingeniería energética. Universidad veracruzana. Facultad de ingeniería mecánica eléctrica, 2012. p.172

³ DOMINGUEZ GONZALEZ, Héctor. p. 48

4.3 MAPA DE RADIACIÓN SOLAR EN COLOMBIA

En la superficie terrestre no siempre en todos los puntos se obtienen iguales números de radiación solar ya que los movimientos que realiza la tierra pueden darle más energía a un punto en cierto tiempo del año. Como también en el ecuador tendrá mucho mayor cantidad de energía solar que en los polos norte y el polo sur⁴.

En la figura 3 se observa de manera clara y precisa el promedio por año de radiación solar que llega a la superficie del territorio colombiano, donde el parámetro que presenta la energía es el valor disponible que en el mejor promedio puede llegar durante el día en un área de un metro cuadrado expresado en su unidad de medida es de kwh/m². Por ejemplo, los promedios más altos están en sectores de la región Caribe, la Orinoquia y los valles interandinos, mientras que los menores se dan en la región Pacífica, el occidente de la Amazonía y en algunos sectores aislados de las tres cordilleras.⁵

Es de vital importancia conocer las cantidades de radiación que puede recibir una región en el momento de plantear un sistema fotovoltaico, ya que si nos encontramos en lugares con poca disponibilidad de esta energía los costos se elevarían considerablemente debido a que se tendrían que tener mayores cantidades de paneles para poder suplir la demanda.

La posición geográfica de Colombia es favorecida con una gran disponibilidad del recurso solar. Algunas de las zonas que reciben mayor energía solar global, superiores a los 4,5 kWh/m² por día son: las Islas de San Andrés y Providencia, amplios sectores de la región Caribe, Vichada, Arauca, Casanare, Meta, el norte, sur y oriente de Antioquia, el centro y norte de Boyacá, el occidente de Cundinamarca, el oriente y centro del Tolima, el norte del Huila, la zona que se inicia al norte del Cauca, atraviesa el Valle del Cauca de sur a norte y llega hasta el eje cafetero, así como sectores puntuales del norte de Nariño, del norte de Norte de Santander y el suroriente de Santander. Además, existen valores más altos (superiores a los 5,5 kWh/m² por día) se presentan en pequeños sectores del centro y norte de La Guajira.⁶

Por otro lado, existen zonas con menor intensidad de radiación solar global en Colombia, con promedios inferiores a los 3,5 kWh/m² por día, se presentan en sectores del occidente del Chocó, occidente de Putumayo, oriente de Cauca, oriente, sur y noroccidente de Nariño y muy pequeños sectores de Caquetá, Huila, Cundinamarca, Quindío, Boyacá y Santander⁷

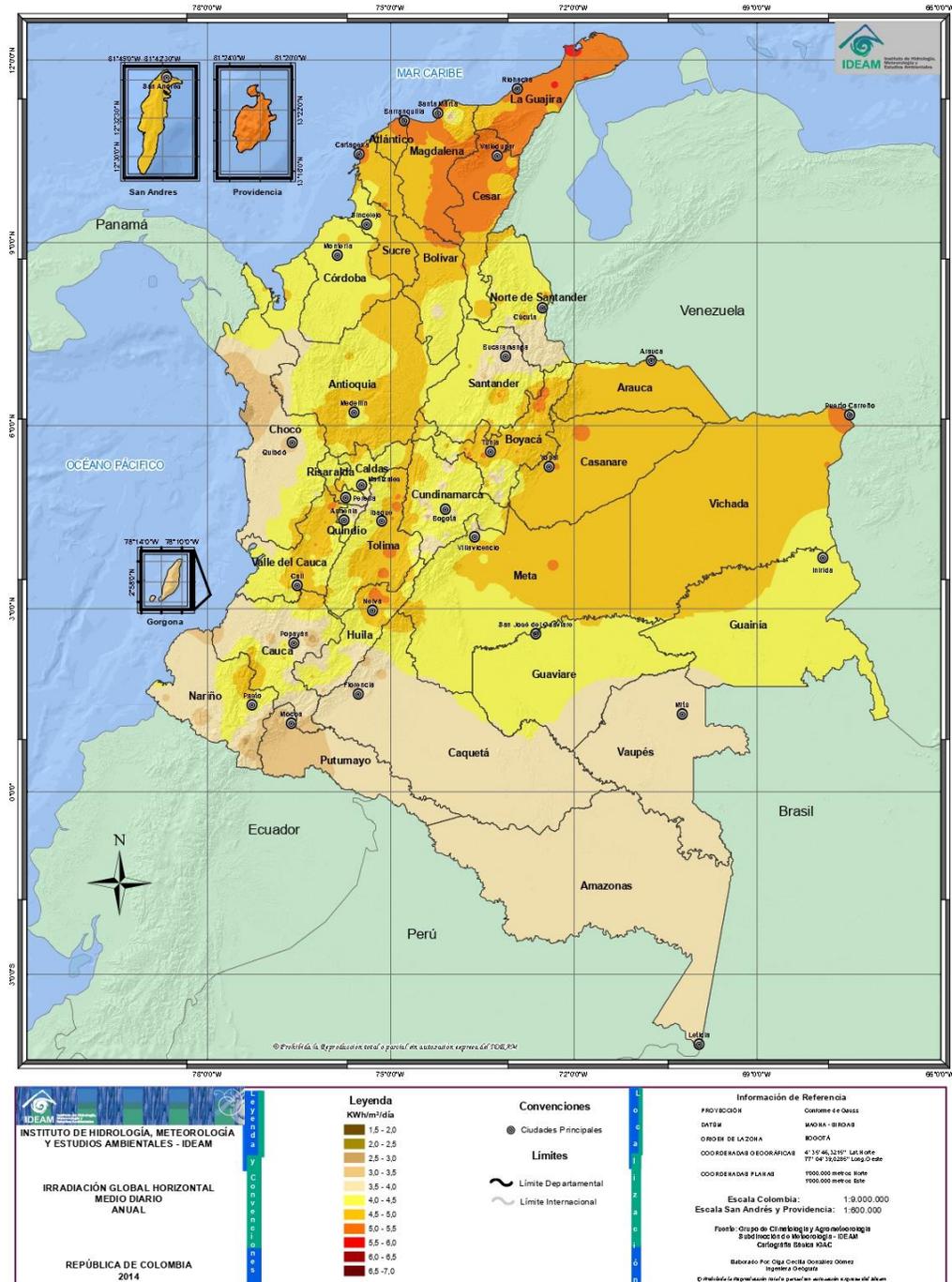
⁴ IDEAM, Variación espacio temporal. [en línea]. 2021. (citado el 27/10/2021). Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/variacion-espacio-temporal1>

⁵ Ibid.

⁶ Ibid.

⁷ Ibid.

Figura 3. Mapa de radiación solar en Colombia



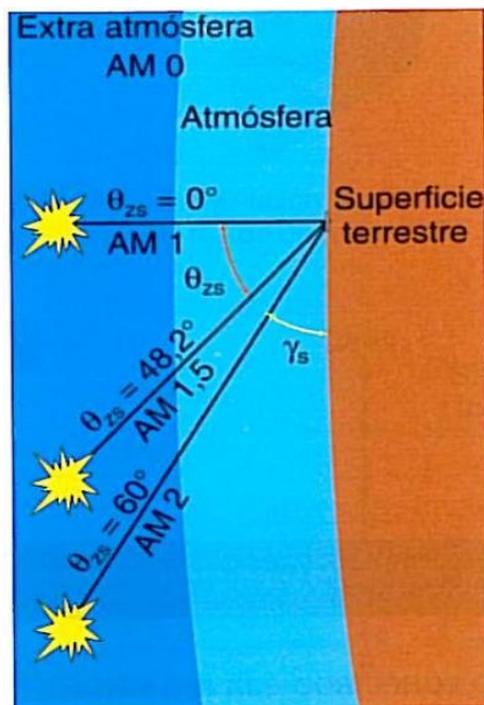
Fuente: ATLAS IDEAM, Atlas de radiación solar [en línea].2021. (citado el 27/10/2021).
 Disponible en:
<http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/RadiacionSolar13.pdf>

4.4 EFECTOS DE LA ATMOSFERA SOBRE LA RADIACIÓN

La presencia de partículas en la atmosfera tales como los gases, el vapor del agua, la suciedad, y demás elementos alteran la radiación solar al incidir sobre la superficie terrestre. Dichos efectos dependen de la cantidad de atmosfera que atraviesa la radiación donde existe una masa de aire (AM) a la que corresponde al espesor de la atmosfera terrestre.

Por lo tanto, AM equivale a 1 cuando el sol está ubicado en la parte más alta en un día sin nubes, y AM corresponde a 0 para especificar zonas fuera de la atmosfera terrestre, y para AM equivale a 1.5 es la posición ideal para instalar un módulo fotovoltaico que se ubica a un ángulo cenital de 48.2° con el meta de poder aprovechar al máximo la potencia emitida por el sol⁸. Ver Figura 4

Figura 4. Masa de aire para distintos ángulos cenitales.



Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex p. 248.

La masa de aire se puede calcular de la siguiente manera⁹.

$$AM = \frac{1}{\sin \gamma_s} = \frac{1}{\cos \theta_{zs}} \quad (1)$$

⁸ CASTEJON, SANTAMARIA. Op.Cit., p.14

⁹ Ibid. p.15

4.5 TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR SOBRE UNA SUPERFICIE

Durante ciertos periodos de tiempo existen variaciones que afectan a la radiación como la nubosidad y cambios de estaciones, así como también por la rotación de la tierra. Estos fenómenos se clasifican en tres categorías (ver Figura 5): Radiación directa, Radiación difusa, Radiación reflejada o de albeldo¹⁰.

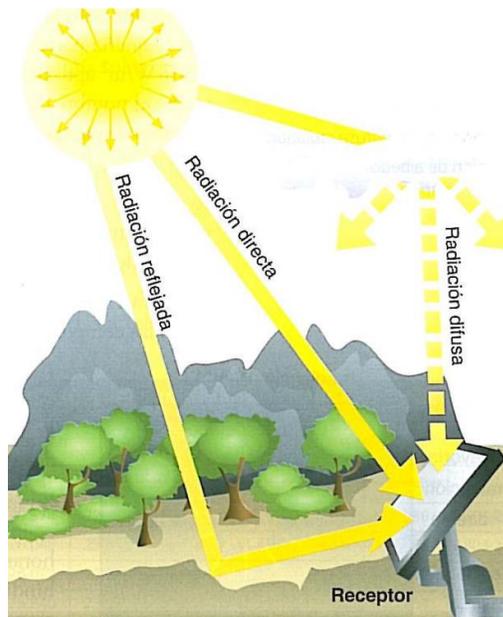
Radiación directa: es la cantidad de rayos del sol que llegan directamente o perpendicularmente sobre una superficie.

Radiación difusa: es la cantidad de energía solar que recibe una superficie desde la atmosfera, pero no directamente si no por desviaciones que también llevan a esta.

Radiación reflejada: es la radiación solar reflejada hacia arriba

Radiación global: es la sumatoria de los tres tipos de radiaciones mencionadas anteriormente.

Figura 5. Tipos de radiación sobre una superficie



Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex p. 248.

¹⁰ Ibid. p.15

4.6 TRAYECTORIAS DEL SOL

Cuando se requiere obtener la mejor inclinación y orientación que se le debe tener al panel solar, es necesario saber la posición en la que se encuentra el sol para poder configurar los paneles en la posición más óptima con el fin de tener el mejor rendimiento posible, donde el sistema más indicado para tener cada una de las posiciones es la de coordenadas polares¹¹. En la Figura 6 se ilustra los diferentes ángulos que forma el sol respecto al plano horizontal a si mismo se define los siguientes parámetros:

Zenit: línea perpendicular al plano horizontal donde se encuentra el observador.

Inclinación (β): Angulo que forma de la superficie del panel fotovoltaico con el plano horizontal. Su valor es de 0° si el módulo se coloca horizontal y 90° si está puesto verticalmente¹².

Latitud (Φ): es el ángulo complementario formado por la recta que intersecta el zenit y el nadir con el eje polar. Su valor es negativo cuando esta hacia el sur y positivo hacia al norte¹³.

Meridiano del lugar: "Circulo máximo de la esfera terrestre que pasa por el lugar, por el zenit y por el nadir"¹⁴.

Angulo zenital (θ_{zs}): "*Angulo compuesto por medio de el radio vector punto-Tierra y la vertical del l. Es positivo a partir del zenit*"¹⁵.

Altura del sol (γ_s): es el ángulo que realizan los rayos solares sobre una superficie plana del lugar¹⁶. Figura 6

Angulo azimutal (ψ_s): es la proyección formada por los rayos del sobre el plano horizontal en dirección al sur¹⁷.

Declinación: ángulo formado por el sol a mediodía con respecto al plano del ecuador¹⁸

La declinación δ se puede calcular por la siguiente ecuación, dada en grados

¹¹ DOMINGUEZ GONZALEZ, Héctor. p. 51

¹² Ibid. p. 49

¹³ Ibid. p. 52

¹⁴ Ibid. p. 52

¹⁵ Ibid. p. 53

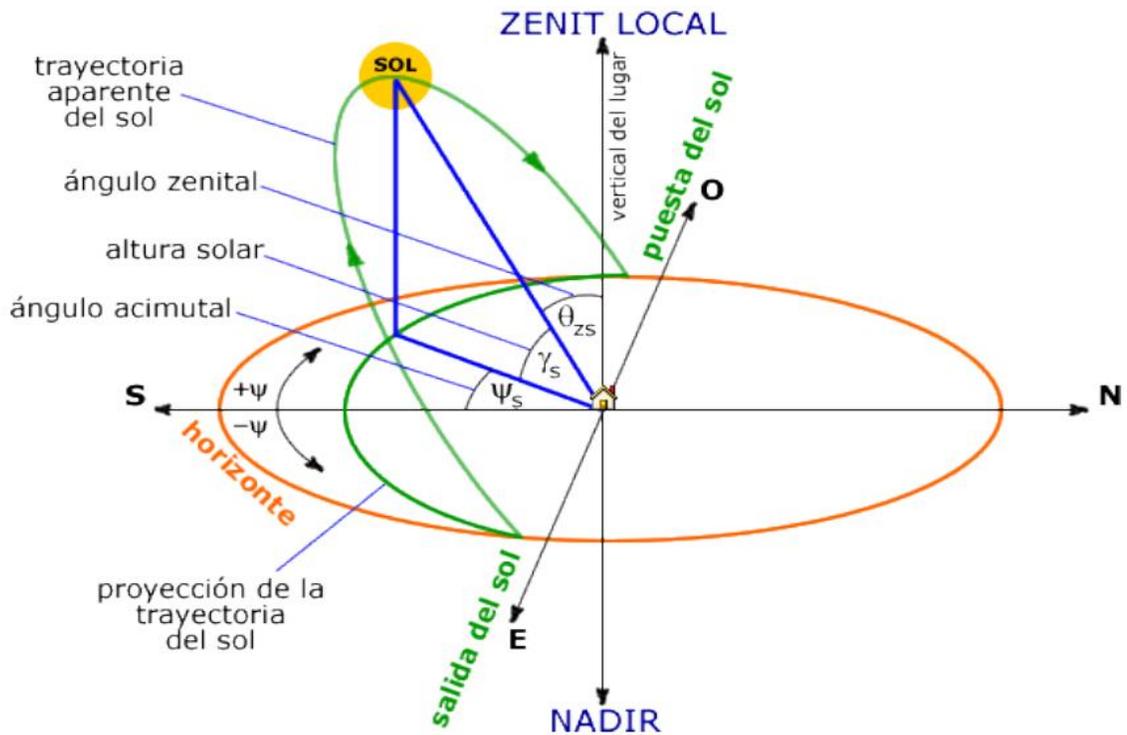
¹⁶ Ibid. p. 53

¹⁷ Ibid. p. 53

¹⁸ Ibid. p. 53

$$\sin \delta = 0.379 * \sin \left(\text{Num. de días} * \frac{360}{365} \right) \quad (2)$$

Figura 6. Movimiento del sol



Fuente: DOMINGUEZ, HECTOR, Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el cobaev 35 xalapa. Trabajo de grado maestría en ingeniería energética. Universidad veracruzana. Facultad de ingeniería mecánica eléctrica, 2012. 172 p

4.7 EFECTO FOTOVOLTAICO.

Las celdas solares realizan la función de tomar la energía solar y transformarla en energía eléctrica por medio del efecto fotovoltaico, el principio de funcionamiento de este se basa en la luz solar que se encuentra compuesta por fotones que contienen diferentes tipos de energía, y cuando uno de los fotones cargado con energía choca contra un átomo de un elemento como el silicio, el átomo toma toda la energía que tenga el fotón y suelta uno de los electrones de manera que queda excitado por la cantidad de energía que absorbió. Este mismo proceso se presenta con varios electrones lo que hace que muchos de estos queden libres y formen la corriente eléctrica¹⁹.

¹⁹ Ibid. p. 55

4.8 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

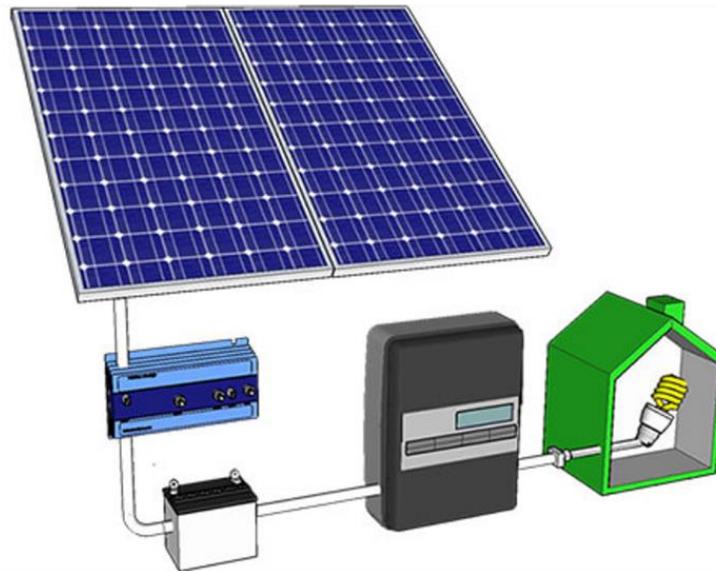
Está formado por un grupo de elementos de tipo eléctrico, electrónico y mecánico que son utilizados para tomar la energía solar y transformarla en energía eléctrica para satisfacer las necesidades humanas. Este tipo de sistema se puede utilizar de dos formas, la primera sería como un sistema autónomo y la segunda como un sistema conectado a la red eléctrica²⁰.

4.8.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos

4.8.1.1 Sistemas aislados

Son aquellas instalaciones que tienen una total autonomía energética, (ver Figura 7) es decir no requieren de fuentes eléctricas externas para abastecer de electricidad el lugar deseado y comúnmente se emplean en sitios donde la red de distribución es de difícil acceso²¹.

Figura 7. Sistema fotovoltaico aislado



Fuente: SAASENERGYPUUEBLA. Sistema solar aislado [en línea]. Disponible en <https://saasenergypuebla.com/wp-content/uploads/2018/07/Sistema-Aislado.png>

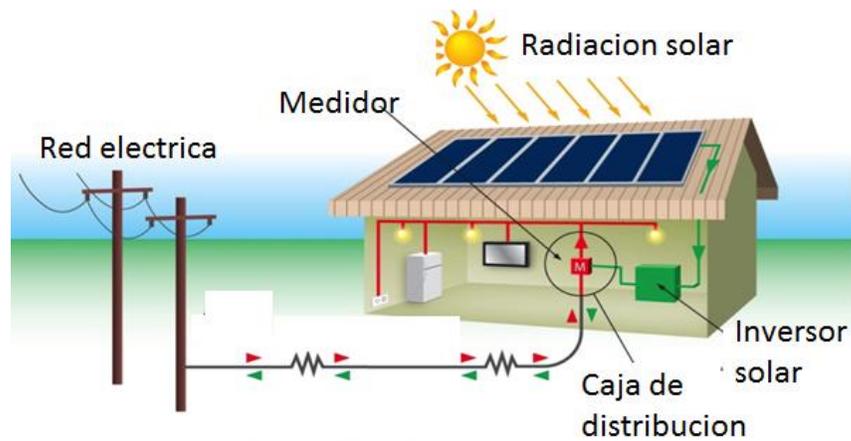
²⁰ MENDEZ, Javier y CUERVO, Rafael. Energía solar fotovoltaica. Madrid: FC Editorial, 2007. P. 245

²¹ Ibid. p.39

4.8.1.2 Sistemas interconectados a la red

Son aquellos sistemas fotovoltaicos que operan de manera alternante, bien sea suministrando energía para el consumo de equipos electrodomésticos o hacia el sistema de red distribución. Así mismo se cuentan con medidores bidireccionales para censar la cantidad de energía consumida o aportada a la red eléctrica²² (ver Figura 8).

Figura 8. Sistema fotovoltaico conectado a la red



Fuente: SAASENERGYPUUEBLA. Sistema conectado a la red [en línea]. Disponible en: [saasenergypueblahttps://pannellisolarifv.com/wp-content/uploads/vt.png](https://pannellisolarifv.com/wp-content/uploads/vt.png)

4.9 TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA

La tecnología fotovoltaica está compuesta por distintos materiales sólidos, donde mayormente se utilizan semiconductores que presenten eficiencias altas para que no se pierda energía fotovoltaica y de esta forma tener una mayor cantidad de energía eléctrica producida por los módulos²³. Ver Figura 9

4.9.1 Silicio monocristalino.

Estas celdas están diseñadas mediante un solo cristal de silicio de una muy alta pureza, lo cual ha permitido que estos módulos fotovoltaicos estén alcanzando una eficiencia de un 18%. Esta tecnología es capaz de brindar una confiabilidad muy alta en el dispositivo por lo cual las empresas que lo fabrican garantizan un largo tiempo de duración²⁴.

²² Ibid. p.39

²³ DOMINGUEZ GONZALEZ, Héctor. p. 58

²⁴ Ibid. p. 58

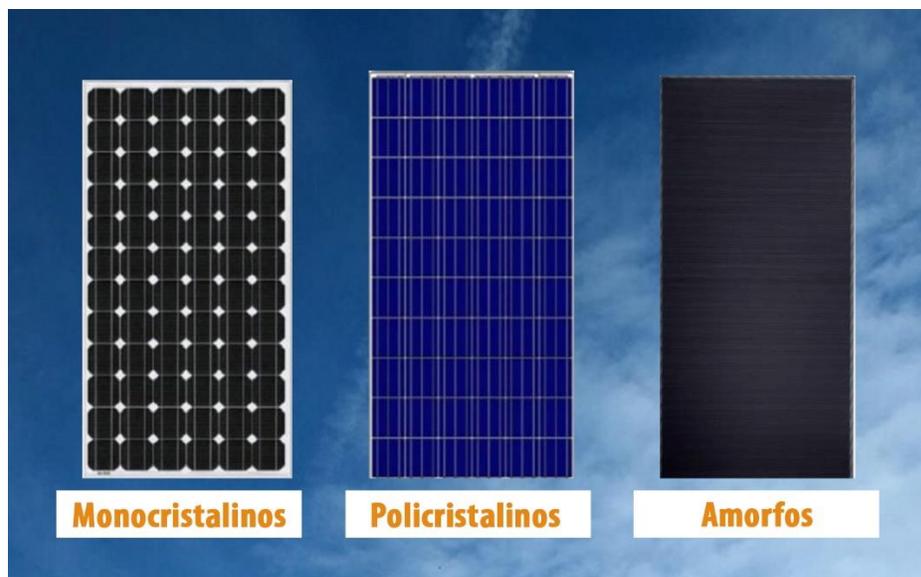
4.9.2 Silicio policristalino.

Como su nombre se puede detallar, las celdas fotovoltaicas están fabricadas por varios cristales de silicio la cual alcanza un 14% de eficiencia, en este caso, la conversión de energía es menor en comparación de las celdas de silicio monocristalino y la garantía del producto puede ser hasta 20 años dependiendo del fabricante.²⁵

4.9.3 Silicio de Amorfo

Para este tipo de celdas el silicio no se ha cristalizado, por lo tanto, los átomos que lo componen el silicio no presentan un orden en el que deben ir los cristales como en lo tienen los paneles de silicio cristalino. Esta tecnología cada vez más se le realizan diferentes cambios con el fin de incrementar su eficiencia, lo que ha llevado a tener un rango promedio del 8%²⁶.

Figura 9. Tipos de celdas fotovoltaicas



Fuente: KISSIMMEESOLARCLEANING. [en línea]. Disponible en: <https://www.kissimmesolarcleaning.com/wp-content/uploads/2021/04/tipos-de-paneles-solares.jpg>

4.10 PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL PANEL SOLAR

En los paneles fotovoltaicos se tienen en consideración los parámetros eléctricos a la hora de realizar los correspondientes cálculos. De tal manera se consultan la curva V-I, la cual representa la relación voltaje y corriente del módulo fotovoltaico de acuerdo a los valores de irradiación. Los parámetros a definir son los siguientes:

²⁵ Ibid. p. 58

²⁶ Ibid. p. 58

4.10.1 Corriente de corto circuito

Es la corriente eléctrica que produce la celda solar cuando no existen cargas y los bornes de este son cortocircuitados, esto trae consigo que la tensión se reduzca hasta su mínima expresión y la corriente eléctrica se eleve hasta su punto máximo²⁷.

4.10.2 Voltaje de circuito abierto

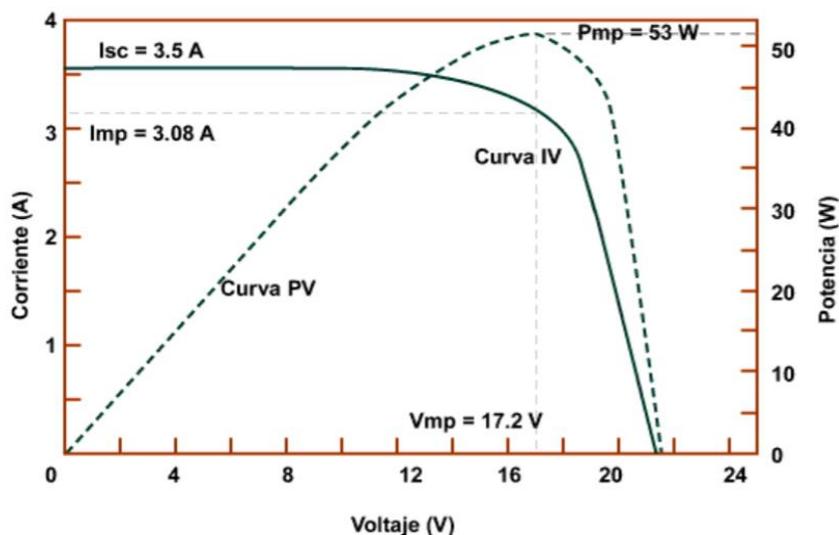
Es el voltaje que se obtiene del módulo fotovoltaico cuando no existen cargas y los bornes de este están abiertos, esto ocasiona que no exista corriente y el voltaje se eleve hasta su máximo nulo²⁸.

4.10.3 Potencia máxima o potencia pico

Es la potencia que se recibe de una celda, está dada por la multiplicación entre la corriente y voltaje, $V \cdot I$. Además, se observa que en el instante que se presenta un cortocircuito o un estado de circuito abierto la potencia es nula. En el punto de operación nos muestra que la potencia que se disipa en la carga es máxima, es decir es la potencia máxima que puede generar una celda o un módulo fotovoltaico bajo las dos condiciones estándar de la radiación que se obtiene, se calcula a través de la siguiente expresión:

$$P_{cel} = I_{p,cel} * V_{p,cel} \quad (3)$$

Figura 10. Curva característica I-V de una celda solar



Fuente: DOMINGUEZ, Miguel y FLOREZ, Norma

²⁷ DOMINGUEZ, Miguel y FLOREZ, Norma p. 50

²⁸ Ibid. p. 50

4.11 INVERSOR

Es el elemento encargado de recibir las corrientes directas provenientes de los módulos fotovoltaicos y transformarla a condiciones aptas para proporcionar la energía a la red eléctrica o equipos de consumo. El voltaje del generador se debe adaptar a la tensión de entrada del inversor, como también la potencia del inversor debe ser la suma de las potencias de todos los receptores que se encuentren en el cuadro de cargas. Cuando en el cuadro de cargas se encuentren receptores que tengan potencias pico en el momento del arranque se debe elegir un inversor que permita esta potencia durante este tiempo²⁹.

En la Tabla 1 se describen los parámetros generales de entrada y salida de un convertidor DC/AC.

Por otro lado, existen un tipo de inversores comúnmente empleados que funcionan con ondas PWM (Modulación ancho de pulso) la cual la distorsión armónica de salida es muy mínima. Esto sucede porque en el interior de estos equipos contienen transistores de potencias tales como IGBT'S (Insulated Gate Bipolar Transistor) o MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) los cuales tienen bajas pérdidas por conmutación, donde estos responden adecuadamente interrumpiendo y conectando la corriente continua de un circuito a cierta frecuencia de tal manera generar pulsos de duración modulada y que finalmente se filtren a través de elementos capacitivos e inductivos para obtener una onda sinusoidal y así eliminar distorsiones armónicas que afecten la calidad de la energía.

4.11.1 Aspectos importantes que deben cumplir los inversores

En el momento de seleccionar un inversor se deben tener en cuenta aspectos importantes como su eficiencia, ya que si este dispositivo presenta una baja eficiencia se deberá aumentar innecesariamente el número de módulos fotovoltaicos para poder alimentar la carga.

4.11.2 . Inversores para conexión a la red eléctrica

Este tipo de inversores deben ser especiales para esta conexión, ya que esta energía que es generada por los módulos fotovoltaicos debe cumplir las condiciones técnicas para poder realizar la conexión con la red eléctrica. Por otro lado estos dispositivos deben suspender el suministro de energía a la red eléctrica cuando se presente un daño³⁰.

²⁹ DOMINGUEZ GONZALEZ, Héctor. Op.Cit., p.67

³⁰ Ibid. p 67

Tabla 1. Parametros generales de entrada y salida de convertidor DC/AC

Parámetro	Descripción
<i>Datos de entrada</i>	
<i>Potencia máxima de los paneles</i>	<i>Valor de potencia máxima pico (Wp) del conjunto de paneles que se pueden conectar al inversor.</i>
<i>Rango de tensión</i>	<i>Margen de la tensión de entrada al inversor. En este dato también se puede indicar la máxima tensión de entrada en vacío.</i>
<i>Corriente máxima</i>	<i>Datos de la corriente máxima que pueda circular por el circuito de entrada</i>
<i>Datos de salida</i>	
<i>Tensión nominal</i>	<i>Valor de Voltaje de salida, puede ser de forma monofásica de 110 V o 230 V o trifásica de 230 V o 400 V.</i>
<i>Frecuencia</i>	<i>Valor de la frecuencia de la corriente alterna de salida del inversor. (Para Colombia 60 Hz)</i>
<i>Potencia nominal</i>	<i>Valor de la potencia en operación continua que puede suministrar el inversor.</i>
<i>Distorsión de onda</i>	<i>Dato referido a la distorsión en (%) que presentan las ondas senoidales de salida.</i>
<i>Factor de potencia</i>	<i>Parámetro que indica el factor de potencia ($\cos \emptyset$) que presenta el equipo.</i>
<i>Datos generales</i>	
<i>Eficiencia</i>	<i>Parámetro que indica el rendimiento del equipo</i>

Fuente: DOMINGUEZ, Hector. Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el cobraev 35 xalapa.

4.12 BATERÍAS

Es uno de los elementos responsables de almacenar la energía eléctrica mediante un proceso electroquímico lo cual ocurre gracias a la potencia suministrada por los módulos fotovoltaicos, Cuando los módulos fotovoltaicos se encuentran generando una mayor cantidad de potencia a la que se necesita para alimentar la instalación, se comienza realizar el proceso de carga de las baterías para que en el momento que se necesite de esta se pueda sustraer de esta misma.

4.12.1 Tipos de baterías solares

Actualmente se encuentran en el mercado diferentes tipos de baterías, y dependiendo de la aplicación que se necesite unas ofrecen mayores beneficios que otra.

- Baterías de ciclo bajo: se encargan de proporcionar energía cuando se necesita una demanda alta. No se recomienda descargarla profundamente debido a que se desgastan y deterioran, sobre todo si se suelen bajar del 20%
- Baterías de ciclo profundo: estas baterías se pueden descargar repetitivamente hasta un 80%.
- Baterías de ácido-plomo: tienen una alta eficiencia, que puede tener valores muy altos entre el 85 % y el 95 % . También presenta una buena relación calidad-precio.
- Baterías líquidas: Son baterías que vienen de dos formas, la primera sería la batería sellada la cual vienen diseñadas con válvulas que permiten hacer posible el intercambio de líquidos; la segunda corresponde a la batería de forma abierta, la cual permite realizar el cambio de agua cuando no esté funcionando de manera correcta. Ambos tipos de forma están en el mercado con precios muy bajos y resistentes cuando se presentan sobrecargas.
- Baterías Absortion Glass Mat (AGM): este tipo de batería son una tecnología muy moderna con muchas ventajas, lo cual trae consigo precios altos. Internamente está diseñada con ácido que se mantiene en las fibras de vidrio para poder absorberlas³¹.

4.12.2 Controlador de carga o regulador de carga

Es uno de los elementos que conforman el sistema fotovoltaico, el cual tiene la función principal de proteger la batería administrando y regulando cuando se debe cargar, cuando no y en el instante que se presenten sobrecargas, principalmente en sistemas aislados en el que se hace necesario contar con un sistema de acumulación para proporcionar energía en los momentos que no se tenga radiación solar. El regulador de carga es el que recibe la energía que llega desde los módulos fotovoltaicos y realiza un proceso de administración de la energía antes de llevarla al sistema de acumulación con el fin de prevenir daños que se puedan presentar en las baterías debido a que el sistema fotovoltaico en momentos puede presentar una sobretensión³².

³¹ DAMIASOLAR, Baterías solares: funcionamiento [en línea] 2019. (citado el 24/10/2021). Disponible en internet: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/baterias-solares-funcionamiento_1

³² HG INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES, Controlador de carga. [en línea] 2020. (citado el 24/10/2021). Disponible en: <https://www.hgingeneria.com.co/que-es-un-controlador-de-carga-y-cual-es-su-funcion-en-un-sistema-solar-fotovoltaico/>

4.12.3 Etapa de carga de la mayoría de controladores

Primera etapa: En esta primera etapa la tensión para realizar la carga comienza elevándose progresivamente hasta poder alcanzar el valor máximo que permita la batería, en esta etapa la batería realiza el consumo máximo de corriente.

Segunda etapa: En esta segunda etapa la tensión se deja en un nivel por un tiempo determinado, por lo cual la batería comienza a cargarse completamente y el nivel de corriente comienza a descender.

Tercera etapa: En esta tercera etapa final la tensión disminuye de nivel y la corriente de carga se mantiene al mínimo hasta que se necesite volver a realizar el proceso de carga³³.

³³ HG INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES, Controlador de carga. [en línea] 2020. (citado el 24/10/2021). Disponible en: <https://www.hgingeneria.com.co/que-es-un-controlador-de-carga-y-cual-es-su-funcion-en-un-sistema-solar-fotovoltaico/>

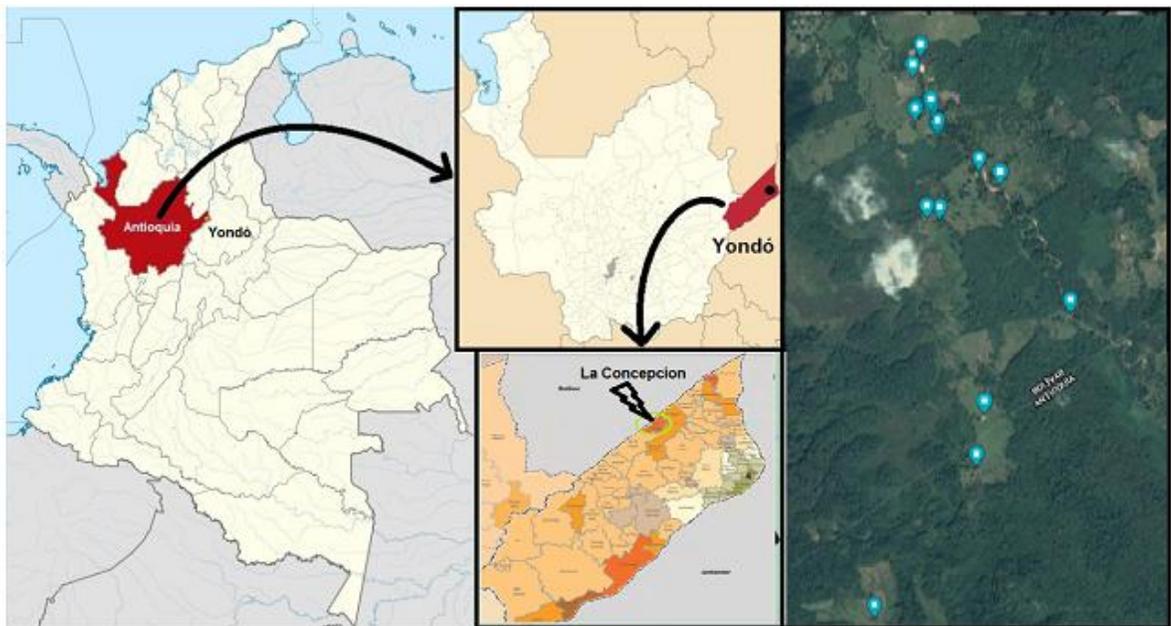
5 RESULTADOS

5.1 UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

El proyecto de estudio se encuentra ubicado en Colombia en la zona Nororiente del departamento de Antioquia, dentro de la subregión del Magdalena Medio Antioqueño, exactamente en el municipio de Yondó en la vereda la Concepcion o también conocida como la concha.

- Departamento: Antioquia
- Subregión: Magdalena Medio
- Municipio: Yondó
- Localización: Vereda la Concepcion

Figura 11. Ubicación de la instalación.



Fuente: Google Maps.

En la tabla 2 se muestra los puntos de georreferenciación recolectados de cada una de las viviendas del proyecto.

Tabla 2. Puntos de georreferenciación de las viviendas.

Vivienda	Latitud			Longitud			Latitud	Longitud
	Coordenada (N)			Coordenada (W)				
	G	M	S	G	M	S		
1	7	8	30.4	74	5	24.8	7.141789	-74.090211
2	7	8	2.6	74	5	44	7.134067	-74.095544
3	7	8	40.2	74	5	23.3	7.144511	-74.089794
4	7	8	59.1	74	5	7.2	7.149761	-74.085322
5	7	9	22.8	74	5	20.4	7.156344	-74.088989
6	7	9	25.2	74	5	24.4	7.157011	-74.090100
7	7	9	16.3	74	5	31.7	7.154539	-74.092128
8	7	9	16.5	74	5	34.2	7.154594	-74.092822
9	7	9	32.2	74	5	32.2	7.158956	-74.092267
10	7	9	31.5	74	5	32.1	7.158761	-74.092267
11	7	9	34.4	74	5	36.4	7.159567	-74.093433
12	7	9	34.9	74	5	36.2	7.159706	-74.093378
13	7	9	46.2	74	5	35.4	7.162844	-74.093156
14	7	9	35.2	74	5	33.3	7.159789	-74.092572
15	7	9	36.1	74	5	33.4	7.160039	-74.092600
16	7	9	42.5	74	5	36.9	7.161817	-74.093572

5.2 SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE ALIMENTACIÓN

En la vereda la concepción a lo largo del tiempo se han formulado varios proyectos de construcción de redes eléctricas con el objetivo de que esta comunidad pueda tener una mejor calidad de vida. El último proyecto de este tipo se presentó en noviembre del 2020 pero debido a la ubicación geográfica de la vereda los costos de transporte, tala de árboles, poda de árboles y la distancia tan extensa que hay entre la vereda y el punto de conexión elevan los costos del proyecto de tal forma que no se pudo realizar, el proyecto antes mencionado tenía un costo de \$2.804.612.287,63.

Los proyectos actualmente de energía eléctrica que se están aprobando en la administración actual tienen como objeto que su generación está basada en el uso de las energías no convencionales con el fin mitigar un poco la contaminación en este municipio, ya que al ser una zona de explotación petrolera los niveles de contaminación son muy altos.

Para objeto del proyecto se va a diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para abastecer de energía eléctrica cada vivienda, ya que al ser una zona bastante alejada no es recomendable utilizar materiales que sean muy difíciles para transportar, debido a que el único medio de entrada a esta zona es por agua, y además de este se deben utilizar animales de carga para llegar a cada lugar requerido.

Por ejemplo si realizamos un sistema para toda la vereda esto incluirá materiales mucho más pesados y también se necesitaran muchos materiales más para realizar el proceso de distribución de la energía, causando que el proyecto tenga un costo muy elevado debido a las distancias que se encuentran una vivienda de la otra, como se observa en la figura 12 midiendo distancias rectas que en el plano real serían mucho mayores, ya que al realizar un diseño se deben mirar las zonas donde se puedan pasar el tendido eléctrico.

Figura 12. Distancias entre las viviendas del proyecto.



Fuente: Google Maps.

5.3 RADIACIÓN SOLAR EN EL SITIO DE INSTALACIÓN

Para cada uno de los puntos de referencia de las viviendas se necesita el valor medio anual de irradiación global para una superficie horizontal, la cual es tomada de la base de datos meteonorm ingresando los datos de latitud y longitud de cada una de las posiciones, pero al estar las viviendas con una distancia no muy grande entre cada una de ellas los valores de irradiación obtenidos para cada vivienda no tienen mucha diferencia que sea considerable, por lo cual la misma tabla aplicaría para todas las viviendas.

Para la media anual se tomó el menor valor consultado que se encuentra en la tabla 3 en el mes de noviembre, el cual tiene un valor de $4.44 \text{ kWh}/\text{m}^2 * \text{dia}$.

Tabla 3. Irradiancia diaria media mensual en la ubicación del proyecto

	Irradiación global horizontal kWh/m ² .día	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² .día	Temperatura °C	Velocidad del Viento m/s	Linke Turbidity [-]	Relative Humidity %
Enero	4.85	2.32	24.1	2.60	3.409	77.8
Febrero	5.18	2.49	24.4	2.39	3.779	77.0
Marzo	4.87	2.64	24.7	2.30	5.818	77.0
Abril	4.78	2.63	24.6	2.10	3.994	80.1
Mayo	4.76	2.64	25.1	2.39	3.342	79.8
Junio	5.19	2.29	25.1	2.59	3.203	78.7
Julio	5.44	2.47	25.5	2.50	3.273	73.9
Agosto	5.47	2.36	25.3	2.50	3.474	76.9
Septiembre	5.20	2.52	24.4	2.19	4.168	81.2
Octubre	4.85	2.50	24.1	1.99	3.273	82.3
Noviembre	4.44	2.23	23.7	2.30	3.409	84.9
Diciembre	4.53	2.27	24.0	2.29	3.342	81.1
Año	4.96	2.45	24.6	2.3	3.707	79.2

Fuente: Software, Meteonorm [en línea].2021. (citado el 22/10/2021). Disponible en: <https://meteonorm.com/en/>

5.4 CONSUMO ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES

Para nuestro proyecto se va a trabajar con un solo cuadro de cargas para todas las viviendas, debido a que estas comunidades no cuentan hasta el momento con ningún tipo de dispositivo eléctrico que se pueda tomar en cuenta. El diseño del cuadro de cargas que se observa en la tabla 4 se realiza basándose en las necesidades básicas que puedan tener estas comunidades y también con la información recogida con las visitas a las viviendas.

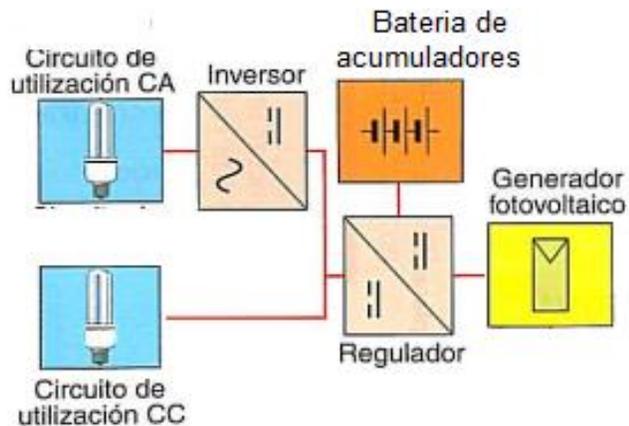
Tabla 4. Cuadro de cargas para cada vivienda.

RECEPTOR	TENSIÓN (v)	POTENCIA (W)	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL (W)	USO DIARIO (H)	CONSUMO DIARIO (WH)
Bombillo Led	120	40	8	320	6	1920
Televisor	120	100	1	100	5	500
Decodificador	120	45	1	45	5	225
Ordenador portátil y Celulares	120	85	1	85	3	255
Congelador	120	140	1	140	8,86	1240
Electrobomba	120	1400	1	1400	1	1400
DVD	120	20	1	20	1	20
Ventilador	120	60	2	120	3	360
TOTAL				2230		5920

5.5 ELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA

Para la aplicación de este proyecto se necesita el suministro de energía en cualquier momento sin depender si hay o no radiación solar, por tal motivo se va a utilizar un sistema fotovoltaico con acumulación. El proyecto se diseña basado en receptores de corriente alterna lo cual implica además el uso de inversor para la alimentar el circuito en corriente alterna.

Figura 13. Sistema fotovoltaico con acumulación e inversor.



Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex p. 248.

Basándonos en la tabla 5 que nos muestra los valores de voltaje razonables recomendados a utilizar según la potencia que se vaya a necesitar, y como la potencia máxima en nuestro inventario es igual a 2230 w tendremos que utilizar un sistema de acumulación de 48 V para cada vivienda.

Tabla 5. Tensión nominal del sistema en función de la potencia.

POTENCIA	TENSIÓN NOMINAL
$P \leq 800 \text{ W}$	12 V
$800 < P \leq 1.600 \text{ W}$	24 V
$1.600 < P \leq 3.200 \text{ W}$	48 V
$P > 3.200 \text{ W}$	120 O 300 V

Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex p. 248.

5.6 DIMENSIONADO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

5.6.1 Ángulo óptimo de inclinación

Teniendo en cuenta que la aplicación de nuestro proyecto busca obtener la mayor captación de energía se puede hacer uso de la ecuación 4 extraídas de las normas técnicas españolas que nos entrega la inclinación óptima en función de la latitud del lugar de cada uno de las viviendas para el caso estudio, pero se deberá cambiar más adelante ya que cada vivienda tendrá un ángulo de inclinación diferente al óptimo.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * \phi \quad (4)$$

$\phi =$ Latitud del lugar

$\beta_{opt} =$ Ángulo de inclinación óptimo

Tabla 6. Ángulo óptimo de inclinación para cada vivienda.

Vivienda	Latitud	β_{opti}
1	7.141789	8.6278
2	7.134067	8.6225
3	7.144511	8.6297
4	7.149761	8.6333
5	7.156344	8.6378
6	7.157011	8.6383
7	7.154539	8.6366
8	7.154594	8.6366
9	7.158956	8.6396
10	7.158761	8.6395
11	7.159567	8.6401
12	7.159706	8.6401
13	7.162844	8.6423
14	7.159789	8.6402
15	7.160039	8.6404
16	7.161817	8.6416

5.6.2 Determinación de la Irradiación global diaria sobre la superficie del generador

Para el cálculo de la máxima irradiación que se presenta cuando el panel solar se encuentra en el ángulo óptimo, se necesita la irradiación para una superficie horizontal, la cual sería la misma para todas las viviendas como se mostró anteriormente, y como se observa en la tabla 6 que los valores de ángulo óptimo no tienen variación significativa, el cálculo de la irradiación máxima se realizara una sola vez con la ecuación 5 y está aplicara para todas las viviendas del proyecto.

$$G_{dm}(\beta_{opt}) = \frac{G_{dm}(0)}{1 - 4,46 * 10^{-4} * \beta_{opt} - 1,19 * 10^{-4} * \beta_{opt}^2} \quad (5)$$

$G_{dm}(0)$ = Irradiación global para una superficie horizontal

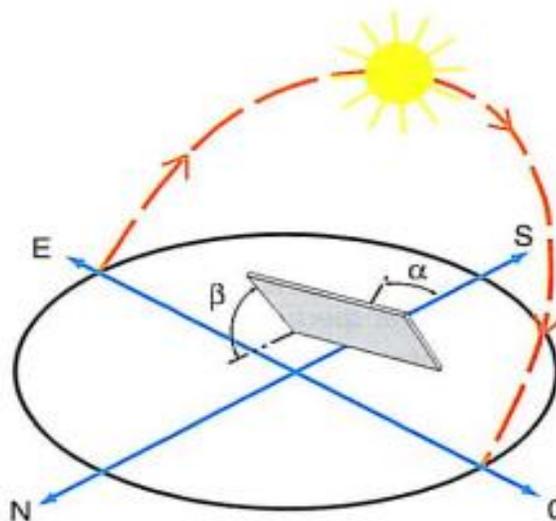
$$(\beta_{opt}) = \frac{4,44 \text{ kW/m}^2 * \text{dia}}{1 - 4,46 * 10^{-4} * (8,6423) - 1,19 * 10^{-4} * (8,6423)^2}$$

$$G_{dm}(\beta_{opt}) = 4,4973 \text{ kW/m}^2 * \text{dia}$$

- **Factor de irradiación para la inclinación y orientación elegidas**

Para efectos del proyecto los paneles solares se instalarán sobre las viviendas, buscando el lado de esta que este más orientado hacia el sur, ya que al estar esta comunidad en el hemisferio norte se deben colocar los paneles con la dirección opuesta³⁴ como se muestra en la figura 14.

Figura 14. Orientación de una superficie en el hemisferio norte.



Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex p. 248.

³⁴ CASTEJON, SANTAMARIA. Op.Cit., p.13

Los valores recolectados también en las visitas a las viviendas fueron el ángulo de inclinación y el ángulo de orientación geográfico los cuales se pueden ver en la tabla 7.

Tabla 7. Valores medidos de orientación e inclinación de las viviendas.

Vivienda	Ángulo acimut (α)	Ángulo de inclinación
1	-25	32
2	10	23
3	-35	28
4	-48	27
5	-27	20
6	50	40
7	-70	38
8	55	29
9	13	23
10	33	36
11	18	32
12	26	25
13	15	32
14	36	33
15	-29	27
16	42	20

Como los paneles serán instalados sobre la superficie de las viviendas que tienen una inclinación y orientación diferente al óptimo que se observa en la tabla 7 se debe aplicar un factor de corrección³⁵.

Para ángulos de inclinación: $15^\circ < \beta \leq 90^\circ$

$$FI = 1 - [1,2 * 10^{-4}(\beta - B_{opt})^2 + 3,5 * 10^{-5} * \alpha^2] \quad (6)$$

Para ángulos de inclinación: $\beta \leq 15^\circ$

$$FI = 1 - [1,2 * 10^{-4}(\beta - B_{opt})^2] \quad (7)$$

FI = Factor de irradiación

³⁵ Ibid. p 133

β = Inclinación real de la superficie (°)

β_{opt} = Inclinación real de la superficie (°)

α = Acimut de la superficie (°)

Para el cálculo de este factor se utilizó la ecuación 6 debido a que todos los ángulos de inclinación son mayores a 15 grados.

Tabla 8. Factor de irradiación calculado.

Vivienda	α	β	β_{opti}	FI
1	-25	32	8.6278	0.9353
2	10	23	8.6225	0.9716
3	-35	28	8.6297	0.9120
4	-48	27	8.6333	0.8788
5	-27	20	8.6378	0.9589
6	50	40	8.6383	0.7944
7	-70	38	8.6366	0.7250
8	55	29	8.6366	0.8443
9	13	23	8.6396	0.9693
10	33	36	8.6395	0.8720
11	18	32	8.6401	0.9231
12	26	25	8.6401	0.9442
13	15	32	8.6423	0.9266
14	36	33	8.6402	0.8834
15	-29	27	8.6404	0.9301
16	42	20	8.6416	0.9227

- Factor de sombreado

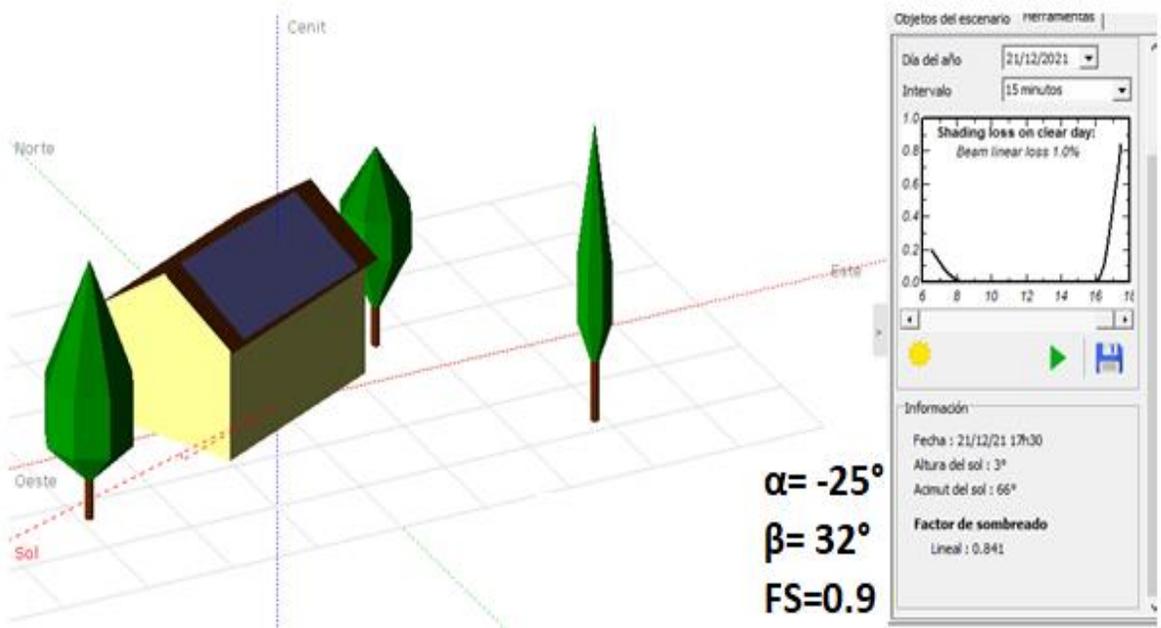
Como los paneles serán instalados sobre las viviendas es inevitable que en algunos lugares se presenten sombras que puedan dañar el buen funcionamiento del generador, por lo cual para el diseño de este se va a realizar una simulación en el programa PVsyst realizando la construcción de las perspectivas perspectiva para las viviendas que presenten sombras, las cuales se pueden ver en la tabla 9. Esto se hace con el fin obtener este factor de sombreado (FS) que es tan importante para el diseño.

Tabla 9. Identificación de las viviendas que presentan sombras.

Vivienda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Presencia de sombras	x	x			x			x	x	x				x		

En la figura 15 se observa la perspectiva que tiene la vivienda uno, en la cual presenta en su alrededor dos árboles con distancias muy cercanas y un tercero más alejado.

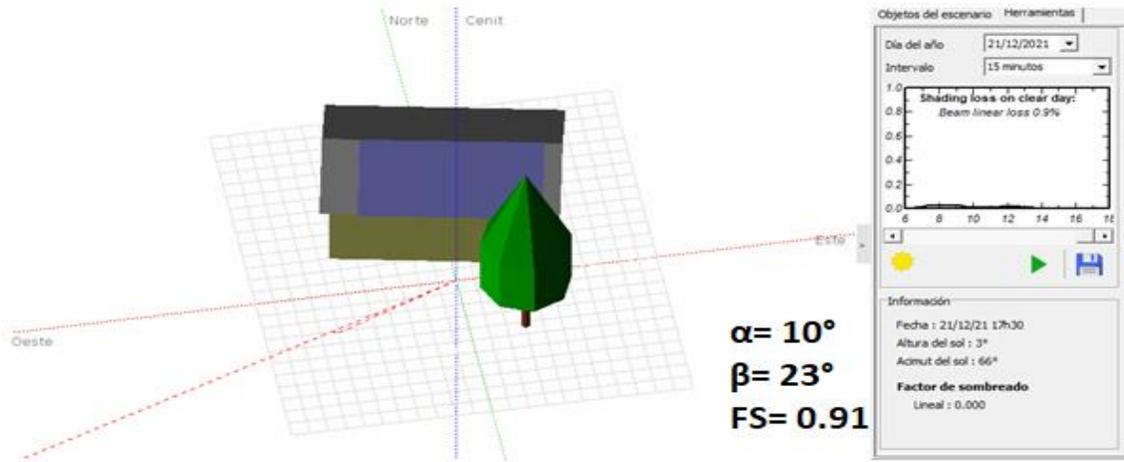
Figura 15. Simulación del factor de sombras para la vivienda 1.



Fuente: Software, PVsyst

En la figura 16 se observa la perspectiva de la vivienda 2, la cual presenta un árbol bastante grande en una de sus esquinas.

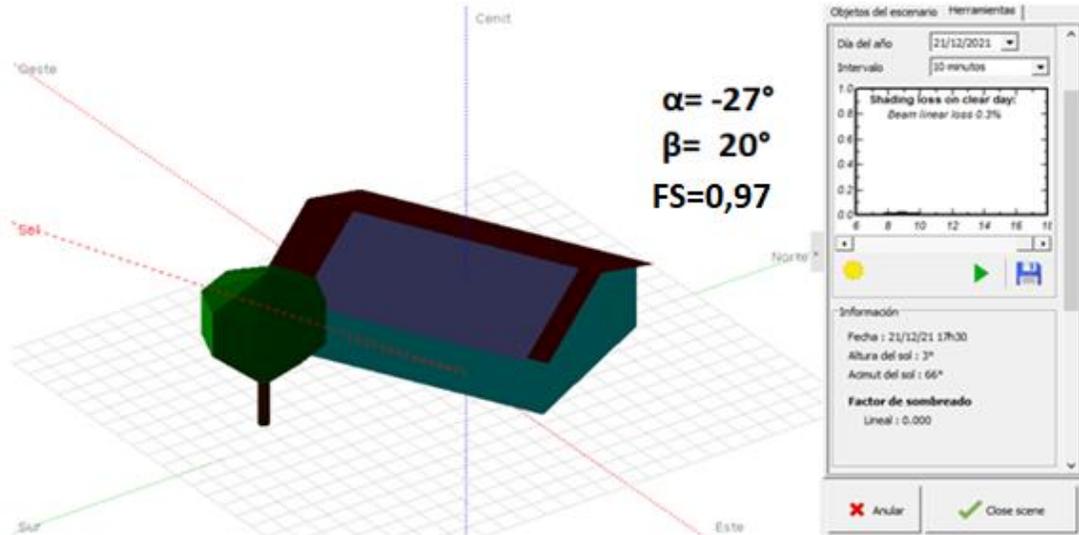
Figura 16. Simulación del factor de sombras para la vivienda 2.



Fuente: Software, PVsyst

En la figura 17 se observa la perspectiva de la vivienda 5, la cual presenta un árbol pequeño en una de sus esquinas.

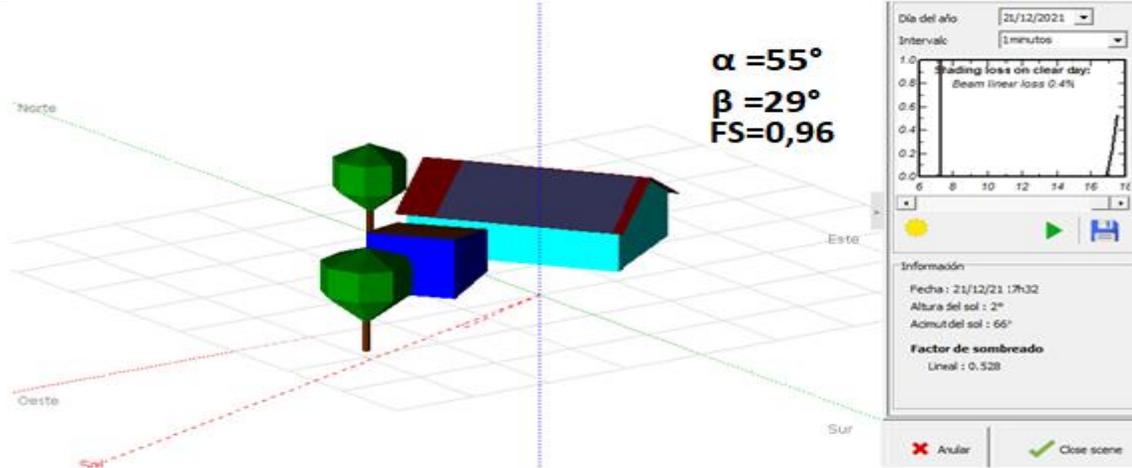
Figura 17. Simulación del factor de sombras para la vivienda 5.



Fuente: Software, PVsyst

Se observa en la figura 18 la perspectiva de la vivienda 8, en la cual se presenta dos árboles en uno de sus laterales y otro en su frente, lo que genera sombras a los modulo fotovoltaicos.

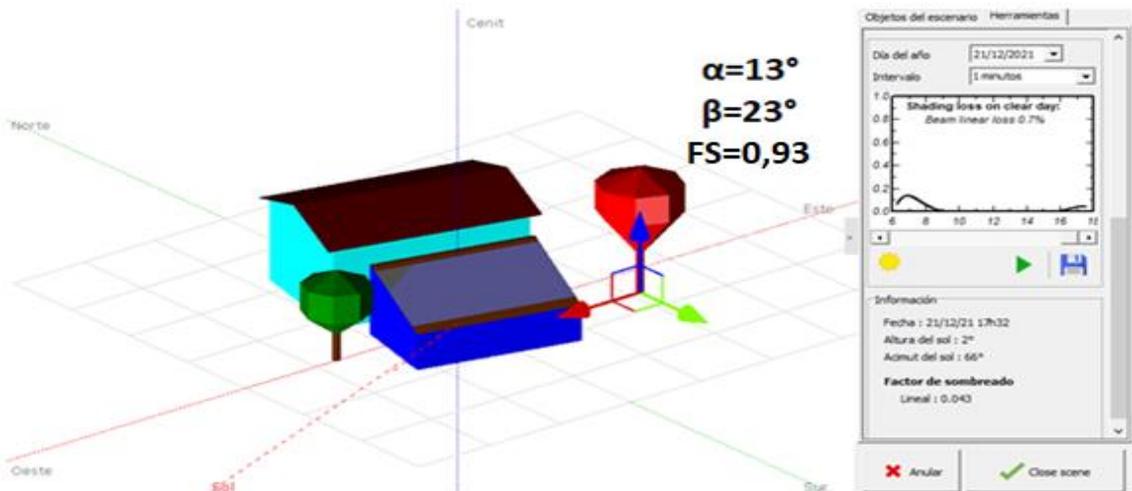
Figura 18. Simulación del factor de sombras para la vivienda 8.



Fuente: Software, PVsyst

En la figura 19 se observa la perspectiva de la vivienda 9, en la cual se puede detallar de manera clara dos árboles que afectan con la sombra que generan a los paneles solares.

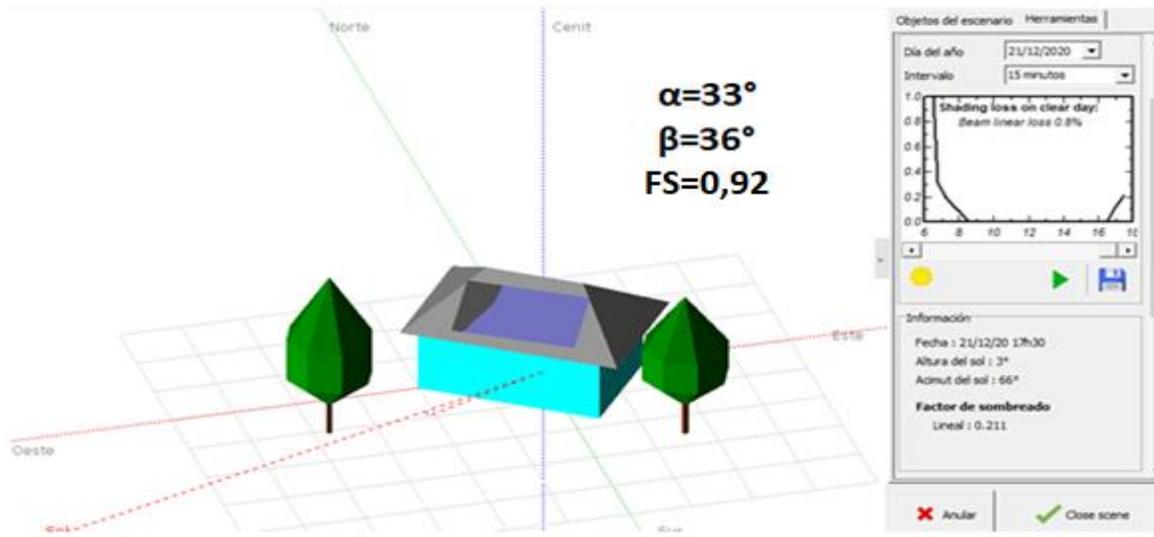
Figura 19. Simulación del factor de sombras para la vivienda 9.



Fuente: Software, PVsyst

En la figura 20 se observa la vivienda 10 en la cual en su cubierta presenta módulos fotovoltaicos y dos árboles en su órbita.

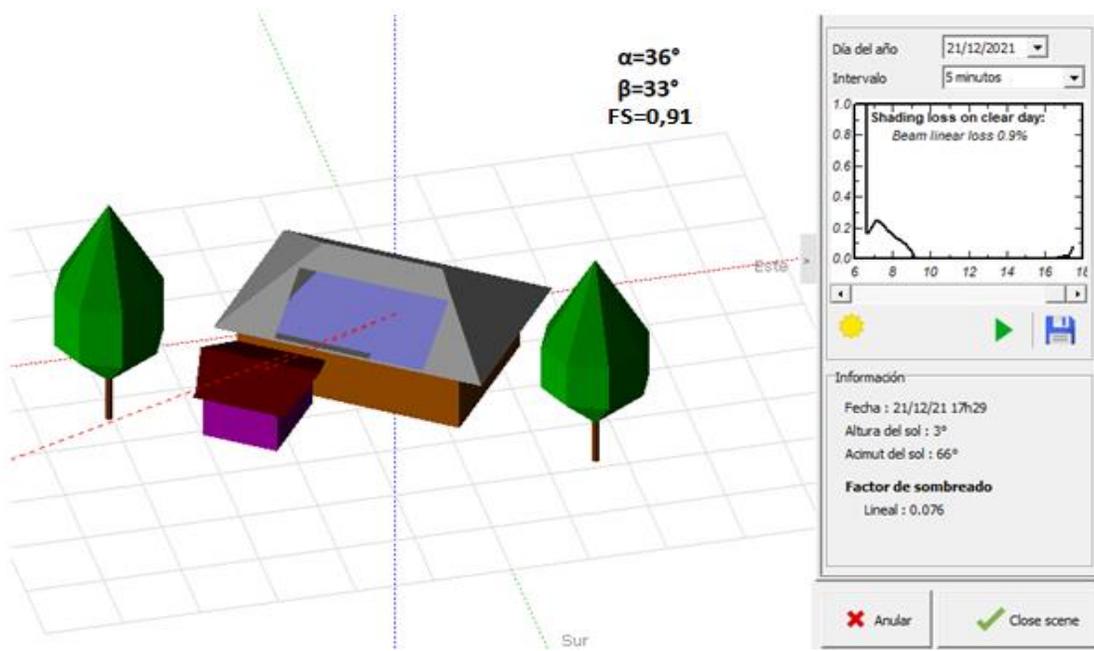
Figura 20. Simulación del factor de sombras para la vivienda 10.



Fuente: Software, PVsyst

En la figura 21 se observa la vivienda 14, la cual presenta dos árboles en sus laterales y otra cubierta en su frente.

Figura 21. Simulación del factor de sombras para la vivienda 14.



Fuente: Software, PVsyst

En la tabla 10 se observan los valores de factor de sombreado obtenidos en la simulación para las viviendas que presentaban estas características, como también se puede ver que las viviendas que tienen ausencia de sombras el factor recomendado es de 1.

Tabla 10. Factor de sombreado para las viviendas.

Vivienda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Fs.	0.9	0.91	1	1	0.97	1	1	0.96	0.93	0.92	1	1	1	0.91	1	1

- Irradiación diaria sobre la superficie del generador, inclinada un ángulo β y orientada un ángulo acimut α

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(\beta_{opt}) * FI * FS \quad (8)$$

$G_{dm}(\beta_{opt}) =$ Irradiación obtenida para un plano inclinado un ángulo óptimo.

$FI =$ Factor de irradiación para la inclinación y orientación elegidas.

$FS =$ Factor de sombreado.

Para obtener la irradiación que tendría nuestro panel con la inclinación y orientación elegidas se debe hacer uso de la ecuación 8, la cual depende de la irradiación para un ángulo óptimo, el factor de irradiación (FI) y el factor de sombreado (FS)³⁶ los cuales ya fueron calculados anteriormente.

³⁶ CASTEJON, SANTAMARIA. Op.Cit., p.134

Tabla 11. Cálculo de la irradiación para un ángulo de inclinación y orientación elegido.

Vivienda	$G_{dm}(\beta_{opt})$	FI	FS	$G_{dm}(\alpha, \beta)$
1	4,4973	0.9353	0.9	3.7856
2		0.9716	0.91	3.9763
3		0.9120	1	4.1015
4		0.8788	1	3.9522
5		0.9589	0.97	4.1830
6		0.7944	1	3.5726
7		0.7250	1	3.2605
8		0.8443	0.96	3.6451
9		0.9693	0.93	4.0540
10		0.8720	0.92	3.6079
11		0.9231	1	4.1514
12		0.9442	1	4.2463
13		0.9266	1	4.1671
14		0.8834	0.91	3.6153
15		0.9301	1	4.1829
16		0.9227	1	4.1496

5.6.3 Determinación de los parámetros eléctricos del generador

5.6.3.1 Cálculo de la potencia mínima del Generador fotovoltaico

Para el cálculo de la potencia de la potencia del generador fotovoltaico se usará la siguiente formula.

$$P_{G \min} = \frac{W_d * G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) * PR} \quad (9)$$

$P_{G \min}$: Potencia del generador (W).

G_{CEM} : Irradiancia en condiciones CEM (Constante de valor 1.000 W/m^2).

W_d : Consumo de energía diario (Wh).

$G_{dm}(\alpha, \beta)$: Valor medio mensual de irradiación diaria sobre la superficie del generador inclinada un ángulo β y orientada un acimut α (Wh/m^2).

PR: Rendimiento energético de la instalación. Expresado en tanto por uno.

Como nuestro sistema para el proyecto está compuesto por inversor, batería y regulador de carga, el factor de pérdidas que nos recomienda la tabla 12 es 0,6.

Tabla 12. Valores típicos de PR recomendados.

<i>Factor de pérdidas</i>	<i>Valor</i>
<i>Sistemas con inversor</i>	<i>0,7</i>
<i>Sistemas con inversor, batería y regulador de carga</i>	<i>0,6</i>
<i>Sistema con batería y regulador de carga (sin inversor)</i>	<i>0,7</i>

Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editek p. 24

Para el cálculo de la potencia del generador mínima en la ecuación solo se cambiará el valor de $G_{dm}(\alpha, \beta)$ para cada vivienda, ya que los otros parámetros que componen la ecuación serían constantes definidas para todo el proyecto.

$$P_{G \min} = \frac{(5920 \text{ W.h}) * 1.000 \text{ W/m}^2}{G_{dm}(\alpha, \beta) * 0,6}$$

Tabla 13. Cálculo de la potencia mínima del generador fotovoltaico.

Vivienda	$G_{dm}(\alpha, \beta)$	$P_{G \min}$
1	3785.6	2606.3
2	3976.3	2481.3
3	4101.5	2405.6
4	3952.2	2496.4
5	4183.0	2358.7
6	3572.6	2761.7
7	3260.5	3026.1
8	3645.1	2706.8
9	4054.0	2433.8
10	3607.9	2734.7
11	4151.4	2376.7
12	4246.3	2323.5
13	4167.1	2367.7
14	3615.3	2729.1
15	4182.9	2358.8
16	4149.6	2377.7

5.6.3.2 Selección del panel solar

Para el proyecto se realizó la selección de dos paneles solares, el primero es el JAM72S20-465/MR monocristalino de la marca JA SOLAR, el cual tiene una potencia de 465 w y una tensión nominal de 24 v nominales.

Tabla 14. Características técnicas del módulo solar uno seleccionado.

Referencia	JAM72S20-465/MR
Potencia nominal ($P_{m\acute{a}x}$)	465
Tensión en circuito abierto- (V_{oc}) [V]	50.15
Tensión en el punto $P_{m\acute{a}x}$ (V_{mp}) [V]	42.43
Corriente de cortocircuito- (I_{sc}) [A]	11,45
Corriente en el punto $P_{m\acute{a}x}$ -(I_{mp}) [A]	10.92
Eficiencia del módulo (%)	20,8
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C~+85°C
Tensión máxima del sistema	1000V DC
Valores máximos recomendados de los fusibles	20 A
Tolerancia de potencia nominal (%)	0~+5%
Coefficiente de temperatura de P_{MAX}	-0.350%/°C
Coefficiente de temperatura de (V_{oc})	-0.272%/°C
Coefficiente de temperatura de (I_{sc})	-0.044%/°C
Tipo de célula	Monocrystalline
N.º de células	144(6*24)
Peso	25 kg
Caja de conexión	Clase IP68

Fuente: AUTOSOLAR. [en línea]. Disponible en: <https://autosolar.co/pdf/JaSolar-M72S20-MR440-465W.pdf>

El segundo panel solar es el EGE-400M-72 de la marca ECOGREENENERGY, el cual tiene una potencia de 400w y una tensión de 24 v nominales.

Tabla 15. Características técnicas del módulo solar dos seleccionado.

Referencia	EGE-400M-72
Potencia nominal ($P_{m\acute{a}x}$)	400
Tensión en circuito abierto- (V_{oc}) [V]	48.6
Tensión en el punto $P_{m\acute{a}x}$ (V_{mp}) [V]	39.92
Corriente de cortocircuito- (I_{sc}) [A]	10.4
Corriente en el punto $P_{m\acute{a}x}$ -(I_{mp}) [A]	10.02
Eficiencia del módulo (%)	20,16
Temperatura de funcionamiento (°C)	-45°C~+85°C
Tensión máxima del sistema	1500V DC
Valores máximos recomendados de los fusibles	15 A
Tolerancia de potencia nominal (%)	0~+5%
Coefficiente de temperatura de P_{MAX}	-0.396%/°C
Coefficiente de temperatura de (V_{oc})	-0.31%/°C
Coefficiente de temperatura de (I_{sc})	+0.06%/°C
Tipo de célula	Monocrystalline (158.75x158.75 mm)
N.º de células	72
Peso	22.9 kg
Caja de conexión	Clase IP67

Fuente: AUTOSOLAR. [en línea]. Disponible en: <https://autosolar.co/pdf/Ecogreen-400w-perc.pdf>.

5.6.3.3 Selección de la configuración de los paneles solares

Para calcular la cantidad de paneles solares necesarios para la instalación se hace uso de la ecuación 10³⁷.

$$N_{\text{paneles}} = \frac{P_{Gmin}}{P_{\text{panel}}} \quad (10)$$

P_{Gmin} : Potencia Mínima del generador (W).

P_{panel} = Potencia de un panel solar (W).

³⁷ CASTEJON, SANTAMARIA. Op.Cit., p.136

En la tabla 16 se realiza el cálculo de la cantidad de paneles solares dependiendo de la potencia de generación mínima y de la potencia del panel solar.

Tabla 16. Número de paneles para cada vivienda.

Arreglo	Vivienda	$P_{G\ min}$	P_{panel} (w)	$N_{paneles}$	$\approx N_{paneles}$	$P_{Generada}$
3	1	2606,3	465	5,604	6	2790
	2	2481,3		5,336	6	
	3	2405,6		5,173	6	
	4	2496,4		5,368	6	
	5	2358,7		5,072	6	
	6	2761,7		5,939	6	
1	7	3026,1	400	7,565	8	3200
3	8	2706,8	465	5,821	6	2790
	9	2433,8		5,233	6	
	10	2734,7		5,881	6	
	11	2376,7		5,111	6	
2	12	2323,5	400	5,808	6	2400
3	13	2367,7	465	5,091	6	2790
1	14	2729,1	400	6,822	8	3200
3	15	2358,8	465	5,072	6	2790
	16	2377,7		5,113	6	

Para no sobredimensionar el generador fotovoltaico se debe hacer uso de la ecuación 11 para cumplir que la potencia máxima total de los paneles no esté por encima del 20% de la potencia de generación mínima.³⁸

$$P_{Gmin} \leq P_{Generada} \leq 1,2 * P_{Gmin} \quad (11)$$

En la tabla 17 se observa que todas las viviendas cumplen con la condición, por lo tanto, se garantiza que como mínimo se tendrá la potencia de generación mínima y como máximo no se sobrepasará el 20% de la potencia de generación mínima.

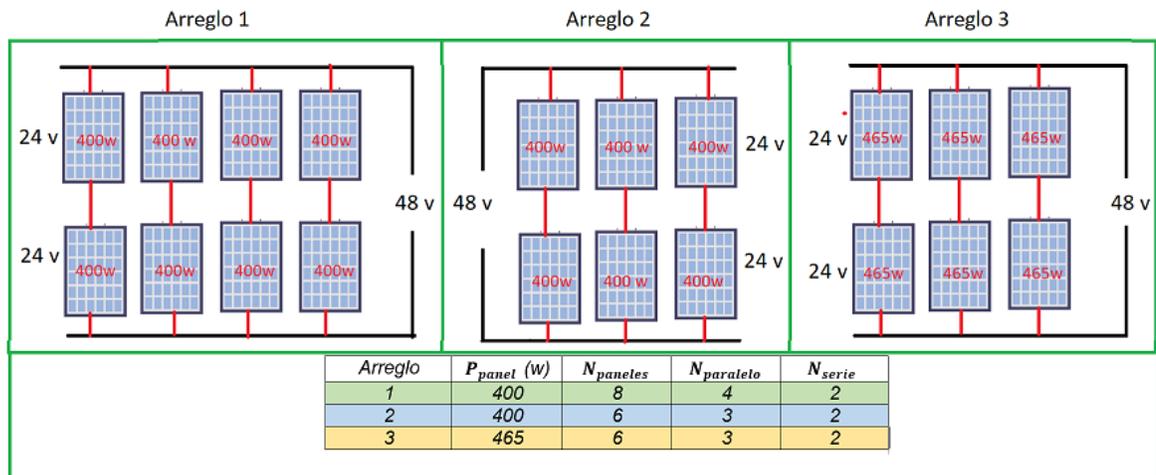
³⁸ Ibid. p 136

Tabla 17. Condición para tener un buen funcionamiento

Vivienda	$P_{Gmin} \leq$	$P_{Generada}$	$\leq 1,2 * P_{Gmin}$
1	2606,3	2790	3127,56
2	2481,3		2977,56
3	2405,6		2886,72
4	2496,4		2995,68
5	2358,7		2830,44
6	2761,7		3314,04
7	3026,1	3200	3631,32
8	2706,8	2790	3248,16
9	2433,8		2920,56
10	2734,7		3281,64
11	2376,7		2852,04
12	2323,5	2400	2788,2
13	2367,7	2790	2841,24
14	2729,1	3200	3274,92
15	2358,8	2790	2830,56
16	2377,7		2853,24

En el proyecto se encuentran 3 arreglos con dos diferentes tipos de paneles solares, cada vivienda tiene solamente uno de los tres arreglos como se muestra en la tabla 16, el primero consta de 8 paneles de 400 w, el segundo está compuesto por 6 paneles de 400 w y el tercero está formado por 6 paneles de 465 w. En la figura 22 se muestran la cantidad de paneles en serie y paralelo para cada configuración.

Figura 22. Arreglo de paneles.



Fuente: Autor

A continuación, se realiza el cálculo de los parámetros eléctricos del generador fotovoltaico para cada uno de los tres arreglos, donde cada uno de estos depende directamente de las especificaciones técnicas de cada módulo fotovoltaico. Los cálculos se realizan para los tres arreglos de paneles.

- Potencia máxima del generador

$$P_{Gmax} = P_{max} * N_p * N_s \quad (12)$$

P_{Gmax} = Potencia máxima del generador (W)

N_s = Número de ramales conectados en serie.

N_p = Número de ramales conectados en paralelo.

P_{max} = Potencia máxima del módulo (W)

Tabla 18. Potencia máxima del generador para cada arreglo.

Arreglo	P_{max}	N_p	N_s	P_{Gmax}
1	400	4	2	3200
2	400	3	2	2400
3	465	3	2	2790

- Tensión de circuito abierto del generador:

$$V_{Goc} = N_s * V_{oc} \quad (13)$$

V_{Goc} = Tensión de circuito abierto del generador

V_{oc} = Tensión de circuito abierto del módulo.

Tabla 19. Tensión de circuito abierto de cada generador.

Arreglo	N_s	V_{oc}	V_{Goc}
1	2	48.6	97.2
2	2	48.6	97.2
3	2	50.15	100.3

- Tensión máxima del generador:

$$V_{Gmp} = N_s * V_{mp} \quad (14)$$

V_{Gmp} = Tensión máxima del generador

V_{mp} = Tensión máxima del módulo.

Tabla 20. Tensión máxima de cada generador

Arreglo	N_s	V_{mp}	V_{Gmp}
1	2	39.92	79.84
2	2	39.92	79.84
3	2	42.43	84.86

- Intensidad de cortocircuito del generador:

$$I_{Gsc} = N_p * I_{sc} \quad (15)$$

I_{Gsc} = Intensidad de cortocircuito del generador(A)

I_{sc} = Intensidad de cortocircuito del módulo(A)

Tabla 21. Intensidad de cortocircuito de cada generador.

Arreglo	N_p	I_{sc}	I_{Gsc}
1	4	10.4	41.6
2	3	10.4	31.2
3	3	11,45	34.35

- Intensidad máxima del generador

$$I_{Gmp} = N_p * I_{mp} \quad (16)$$

I_{Gmp} = Intensidad máxima del generador (A)

I_{mp} = Intensidad máxima del módulo(A)

Tabla 22. Intensidad máxima de cada generador.

Arreglo	N_p	I_{mp}	I_{Gmp}
1	4	10.02	40.08
2	3	10.02	30.06
3	3	10.92	32.76

5.7 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN

El dimensionamiento del sistema de acumulación se realiza una sola vez y aplica para todas las viviendas, debido a que solo se realizó un cuadro de cargas para todas las viviendas y por ende todas tienen el mismo valor de energía diaria.

Para el cálculo del consumo medio diario se realiza con la ecuación 17.

$$Q_d = \frac{W_d}{V_n} \quad (17)$$

Q_d = Consumo medio diario (Ah/día).

W_d = Energía media diaria (Wh/día).

V_n = Tensión nominal del sistema de acumulación (V)

La energía media diaria está dada por 5920 (Wh /día) y la tensión nominal es 48 v por lo cual el valor de consumo medio diario es:

$$Q_d = \frac{5920 \text{ Wh /dia}}{48 \text{ V}}$$

$$Q_d = 123.33 \text{ Ah/dia}$$

Para el cálculo de la capacidad total del sistema de acumulación se utiliza la ecuación 18.

$$C_n = \frac{Q_d * A}{PD_{m\acute{a}x} * n_{inv} * n_{rb}} \quad (18)$$

C_n = Capacidad de la batería de acumuladores para descargar en 20 horas (Ah).

Q_d = Consumo medio diario (Ah/dia).

A = Días de autonomía del sistema (días).

$PD_{m\acute{a}x}$ = Profundidad de descarga máxima. En tanto por uno

n_{inv} = Rendimiento del inversor. En tanto por uno.

n_{rb} = Rendimiento del conjunto batería y regulador de carga. En tanto por uno.

como el lugar del proyecto es una zona con alta insolación y al ser una aplicación domestica se define el número de días de autonomía como 1. Los valores de rendimiento se toman como 0,85 y la profundidad de descarga máxima como 0,7..

$$C_n = \frac{(123.33 \text{ Ah/dia}) * (1 \text{ dia})}{0.7 * 0.85 * 0.85}$$

$$C_n = 243.8556 \text{ Ah}$$

El modelo seleccionado para la acumulación es la batería GEL 12V 300Ah Tensite La cual está por encima de la capacidad de la batería calculada.

Tabla 23. Características técnicas de la batería seleccionada.

TECHNICAL SPECIFICATIONS				
BATTERY MODEL	Nominal voltage			12V
	Rated capacity (100 hour rate)			300Ah
DIMENSION	Cells Per battery			6
	Length	Width	Height	Total Height
APPROX. WEIGHT	67.0 kg ± 3%			
CAPACITY @ 25°C	10 hour rate (25.0A)	5 hour rate (43.7A)	3 hour rate (66.2A)	1 hour rate (161.5A)
	250.0 Ah	218.7 Ah	198.7 Ah	161.5 Ah
MAX. DISCHARGE CURRENT	2000 A (5 sec.)			
INTERNAL RESISTANCE	Full charged Vat 25°C: Approx. 2.0mΩ			
CAPACITY AFFECTED BY TEMP. (10 HR)	40°C	25°C		0°C
	103%	100%		86%
CHARGE METHOD @25°C	Cycle Use			Standby Use
	14.4-15.0V (Initial charging current less than 27A)			13.50-13.80V

BATTERY DISCHARGE TABLE

CONSTANT CURRENT (AMP) AND CONSTANT POWER (WATT) DISCHARGE TABLE AT 25 °C													
F.V / TIME		5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min	2 h	3 h	5 h	8 h	10 h	20 h
1.80	A	656.8	437.5	351.8	234.5	168.3	165.0	93.0	68.0	45.0	28.0	25.00	13.00
	W	1224.8	815.9	656.0	437.3	313.8	307.7	173.4	126.8	83.9	52.2	46.6	25.7
1.75	A	696.2	463.8	369.3	241.5	173.3	170.0	95.3	69.7	45.7	28.3	25.25	13.13
	W	1298.3	864.9	688.8	450.5	323.2	317.0	177.8	130.0	85.2	52.7	47.1	25.9
1.70	A	788.1	525.0	386.9	248.6	178.3	174.9	97.7	71.4	46.4	28.6	25.50	13.38
	W	1469.8	979.1	721.6	463.6	332.6	326.2	182.1	133.2	86.4	53.3	47.6	26.4
1.65	A	775.0	516.3	404.5	255.6	183.4	179.9	99.5	72.8	47.0	28.8	25.75	13.55
	W	1445.3	962.8	754.4	476.7	342.0	335.4	185.6	135.7	87.7	53.8	48.0	26.7
1.60	A	840.6	560.0	422.1	262.6	188.4	184.8	101.4	74.1	47.7	29.1	26.00	13.63
	W	1567.8	1044.4	787.2	489.8	351.4	344.7	189.1	138.2	89.0	54.3	48.5	26.8

Fuente: AUTOSOLAR. [en línea]. Disponible en: <https://autosolar.co/pdf/datasheet-tensite-batteries-GEL-12-300.pdf>

En el caso que el sistema de acumulación se dimensione de una manera muy exagerada el generador fotovoltaico no tendrá la suficiente capacidad para suministrar la carga completamente, por la tanto se debe cumplir la siguiente condición³⁹.

$$C_n < 25 * I_{Gsc}$$

En la tabla 24 se muestra que para los tres arreglos de paneles solares se cumple la condición que la capacidad de la batería está por debajo de 25 veces la corriente de cortocircuito del generador.

³⁹ CASTEJON, SANTAMARIA. Op.Cit., p.139

Tabla 24. Condición para no sobredimensionar

Arreglo	I_{Gsc}	$C_n (Ah)$	$< 25 * I_{Gsc}$
1	41.6	300	1040
2	31.2	300	780
3	34.35	300	858.75

Como nuestro el voltaje de nuestro bloque de acumulación es de 48 v se deben colocar las baterías de 12 en serie para conseguir el voltaje final en el cual el número de baterías esta dado por:

$$N_{bs} = \frac{V_N}{V_b}$$

N_{bs} = Numero de baterías en serie.

V_b = Tensión de la batería seleccionada(v).

$$N_{bs} = \frac{48 v}{12 v}$$

$$N_{bs} = 4$$

5.8 DIMENSIONADO DEL REGULADOR DE CARGA

5.8.1 Determinación de los parámetros eléctricos del regulador de carga

- Tensión nominal del regulador de carga

La tensión nominal de entrada del regulador de carga debe cumplir que sea igual al nivel de tensión del sistema de acumulación seleccionado, por ende, la tensión del regulador será de 48 v ya que este fue el nivel de tensión del sistema de acumulación seleccionado para cada vivienda⁴⁰.

$$V_{nr} = V_n \tag{19}$$

V_r = Tensión nominal del regulador de carga (V)

V_{nr} = Tensión nominal del sistema de acumulación (V)

⁴⁰ Ibid. p 141

Tabla 25. Tensión nominal del regulador de carga.

Arreglo	$V_{nr} (v)$
1	48
2	48
3	48

- Intensidad nominal del regulador de carga

La corriente nominal del regulador de carga debe ser la corriente de corto circuito de cada arreglo de paneles, y este debe estar sobredimensionado con un factor de 1,25 con el fin de tener el sistema lo más seguro posible⁴¹.

$$I_r = 1,25 * I_{Gsc} \quad (20)$$

$I_r =$ Intensidad nominal del regulador (A)

$I_{Gsc} =$ Intensidad de cortocircuito del generador(A)

Tabla 26. Intensidad nominal del regulador de carga.

Arreglo	$I_{Gsc} (A)$	$I_r (A)$
1	41.6	52
2	31.2	39
3	34.35	42.93

- Tensión máxima de entrada del regulador de carga

$$V_{Máxr} = V_{Goc} \quad (21)$$

$V_{Goc} =$ Tensión de circuito abierto del generador

$V_{Máxr} =$ Tensión máxima de entrada del regulador de carga.

Tabla 27. Tensión máxima de entrada del regulador de carga.

Arreglo	$V_{Goc}(v)$	$V_{Máxr}(v)$
1	97.2	97.2
2	97.2	97.2
3	100.3	100.3

⁴¹ Ibid. p 141

5.8.2 Selección del regulador de carga

EL regulador de carga debe cumplir los valores nominales agrupados de la tabla 28 para los arreglos realizados.

Tabla 28. Parámetros nominales del regulador de carga.

Arreglo	$V_{nr} (v)$	$I_r (A)$	$V_{Máxr} (v)$
1	48	52	97.2
2	48	39	97.2
3	48	42.93	100.3

El regulador de carga seleccionado para los tres arreglos de paneles solares, es el modelo ml4860 de la marca SRNE, el cual cumple con los valores de tensión nominal, corriente nominal y tensión máxima de entrada para los tres arreglos de paneles solares.

Tabla 29. Características técnicas del regulador de carga seleccionado.

Parámetro	Valor
Modelo	ML4860
Voltaje del sistema	12V/24V/36V/48V Auto
Pérdida de carga	0,7 W a 1,2 W
Voltaje de la batería	9V a 70V
Voltaje de entrada solar máximo	150V (25 °C) 145V-25 °C)
Rango de voltaje de Potencia máxima	Voltaje de la batería +2V a 120V
Corriente de carga nominal	60 A
Corriente máxima de descarga.	20 A
Max. capacidad de carga capacitiva	10000 uF
Max. potencia de entrada del sistema fotovoltaico	800W / 12V; 1600W / 24V; 2400W / 36V; 3200W / 48V
Eficiencia de conversión	≤ 98%
Eficiencia de seguimiento MPPT	> 99%
Factor de compensación de temperatura	-3mv / ° C / 2V (predeterminado)
Temperatura de funcionamiento	-35 ° C hasta + 45 ° C
Nivel impermeable	IP32
Peso	3,6 kg
Método de comunicación	RS232 RS485
Altitud	≤ 3000m
Dimensiones del producto	285 * 205 * 93 mm

Fuente: SRNE SOLAR.[en línea]. Disponible en: <https://www.solartex.co/tienda/wp-content/uploads/2019/03/SR-ML4860-Datasheet.pdf>

5.9 DIMENSIONADO DEL INVERSOR

5.9.1 Determinación de los parámetros del inversor

Para determinar el inversor que tenga el mejor funcionamiento en el sistema fotovoltaico, se debe tener que la tensión nominal coincida con la tensión del sistema de acumulación y la potencia nominal este por encima de todos los receptores que puedan funcionar al mismo tiempo. Por otro lado, se debe tener en cuenta que en el proyecto se encuentran receptores que tienen potencias de arranque, por lo tanto, se debe mirar que el inversor permita esta potencia durante el tiempo de inicio.

- Tensión nominal del inversor

$$V_i = V_n \quad (22)$$

V_i = Tensión nominal del inversor.

V_n = Tensión nominal del sistema de acumulación (V).

El voltaje nominal del inversor es igual a 48 v ya que este es el valor que tiene el sistema de acumulación elegido para todo el proyecto.

$$V_i = 48v$$

- Potencia nominal del inversor

La potencia nominal para el inversor de cada vivienda es suma de todas las potencias de los receptores que se calculó en la tabla 4 la cual es de:

$$P_{ni} = P_{PICO} \quad (23)$$

P_{ni} = Potencia nominal del inversor.

P_{PICO} = Potencia pico.

$$P_{ni} = 2230 W$$

con el fin de poder determinar la máxima potencia que se pueda presentar por un corto plazo de tiempo menor a 0.5 segundo se multiplicara la potencia nominal del inversor por un factor de 1,5.

$$P_{maxI} = 1,5 * P_{nI} \quad (24)$$

P_{maxI} = Potencia máxima del inversor.

$$P_{maxI} = 1,5 * (2230 W)$$

$$P_{maxI} = 3345 W$$

5.9.2 Selección del inversor

Los parámetros mínimos que debe cumplir el inversor para funcionar en muy buenas condiciones se muestran en la tabla 30.

Tabla 30. Parámetros del inversor.

Voltaje nominal de entrada (v)	48
Potencia nominal (W)	2230
Potencia máxima (W)	3345
Tensión de salida (v)	120
Frecuencia (Hz)	60
THD	<5%

El inversor seleccionado para los tres arreglos de paneles solares, es el modelo PV30-3KW LMPK con una tensión nominal de 48 v, el cual cumple con los valores mínimos calculados que se muestran en la tabla 30.

Tabla 31. Características técnicas del inversor seleccionado.

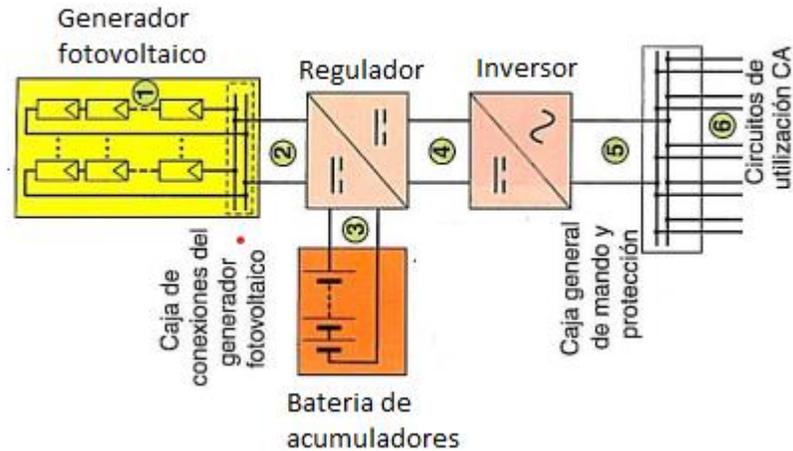
MODEL		PV30-1KW LMPK		PV30-1.5KW LMPK		PV30-2KW LMPK		PV30-3KW LMPK		PV30-4KW LMPK		PV30-5KW LMPK		PV30-6KW LMPK		
Nominal Battery System Voltage		12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	24VDC	48VDC	24VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC	
INVERTER OUTPUT	Rated Power	1 KW		1.5 KW		2 KW		3 KW		4 KW		5 KW		6 KW		
	Surge Rating(20ms)	3 KW		4.5 KW		6 KW		9 KW		12 KW		15 KW		18 KW		
	Capable Of Starting Electric Motor	1HP		1HP		1HP		2HP		2HP		3HP		3HP		
	Waveform	Pure sine wave \ same as input (bypass mode)														
	Nominal Output Voltage RMS	110V \ 115V \ 120VAC(±10% RMS)														
	Output Frequency	50Hz \ 60Hz ±0.3Hz														
	Inverter Efficiency (Peak)	>88%														
	Line Mode Efficiency	>95%														
	Power Factor	1.0														
Typical Transfer Time	10ms(max)															
AC INPUT	Voltage	230VAC														
	Selectable Voltage Range	95-135VAC (For personal computers)														
	Frequency Range	50Hz \ 60Hz(Auto sensing) 40-80Hz														
BATTERY	Minimum Start Voltage	10.5VDC \ 11VDC for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)														
	Low Battery Alarm	11VDC ±0.3V for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)														
	Low Battery Cut Off	10.5VDC ±0.3V for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)														
	High Voltage Alarm	16.0VDC ±0.3V for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)														
	High Battery Voltage Recover	15.5VDC ±0.3V for 12VDC mode														
	Idle Consumption-Search Mode	<25W when power saver on														
CHARGER	Output Voltage	Depends on battery type														
	Charge AC Input Breaker Rating	120V	1K/12A		1.5K/16A		2K/30A		3K/40A		4-6K/40A		4-6K/40A		4-6K/40A	
		230V	1-1.5K/10A				2-3K/30A				4-6K/40A					
	Overcharge Protection S.D.	15.7VDC for 12VDC mode (*2 for 24VDC mode, *4 for 48VDC mode)														
	Maximum Charge Current	30A	20A	45A	25A	60A	30A	40A	20A	60A	30A	35A	40A	40A	40A	40A
BYPASS & PROTECTION	Input Voltage Waveform	Sine wave (grid or generator)														
	Nominal Input Frequency	50Hz or 60Hz														
	Overload Protection (SMPS Load)	Circuit breaker														
	Output Short Circuit Protection	Circuit breaker														
	Bypass Breaker Rating	230V	1-3K/30A										4-6K/40A			
		120V	1K/16A		1.5K/20A		2K/30A		3K/40A		4-6K/63A		4-6K/63A		4-6K/63A	
	Max Bypass Current	30Amp														

Fuente: AUTOSOLAR. [en línea]. Disponible en: <https://autosolar.co/pdf/PV3000-120V-LMPK.pdf>

5.10 DIMENSIONADO DE LOS CONDUCTORES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para el cálculo de los conductores para el sistema fotovoltaico es necesario tener los valores de potencia, tensión, corriente y longitudes para cada tramo como se observa en la figura 24.

Figura 23. Tramos de línea en un sistema fotovoltaico aislado.



Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex p. 248.

Los valores de longitudes máximas para todo el proyecto por cada tramo se muestran en la tabla 32.

Tabla 32. Longitudes máximas para cada tramo.

Tramo	Longitud (m)
1	1
2	5
3	2
4	1
5	2

- Cálculo por caída de tensión

$$S = \frac{200 * L * I}{\Delta U\% * V_n * Y} \quad (25)$$

S = Sección transversal del conductor (mm^2).

L = Longitud del conductor (m).

$\Delta U\%$ = Caída de tensión permitida (%).

$V_n =$ Tensión del sistema (v).

$I =$ Corriente máxima que atraviesa el conductor o corriente de cortocircuito de los paneles solares (A).

$Y =$ Conductividad del conductor. En este caso se utilizara cobre y su conductividad es de $45 \text{ s} * \frac{\text{m}}{\text{mm}^2}$ (Conductividad a 90°C).

La máxima caída de tensión que se permite es 1.5 para los tramos 1,2,4 y 5 por lo cual se hace el reparto para cada tramo. La caída de tensión que tendría el tramo 3 sería la suma del tramo 1 y 2.

La distancia total será:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_4 + L_5 \quad (26)$$

$$L_T = 1 + 5 + 1 + 2$$

$$L_T = 9 \text{ m}$$

La caída de tensión por unidad de longitud es:

$$\Delta V_U = \frac{\Delta U\%}{L_T} \quad (27)$$

$$\Delta V_U = \frac{1,5}{9 \text{ m}}$$

$$\Delta V_U = 0.16 \frac{\%}{\text{m}}$$

El reparto de caídas proporcionales para cada tramo esta dado por ecuación

$$\Delta V_{\%n} = \Delta V_U * L \quad (28)$$

En la tabla 33 se realiza el reparto de caídas de tensión para cada uno de los tramos con la ecuación 28. El tramo 3 sería la suma de la caída del tramo 1 más el 2.

Tabla 33. Reparto de caídas de tensión para cada tramo.

Tramo	ΔV_U (%/m)	L	$\Delta V_{\%n}$
1	0.16	1	0.16
2	0.16	5	0.8
3		3	0.96
4	0.16	1	0.16
5	0.16	2	0.32

- Cálculo por calentamiento

En este cálculo se deben tener en cuenta los valores de corrección por temperatura que muestra la tabla 34.

Tabla 34. Factor de corrección para cables sistemas fotovoltaicos.

Temperatura ambiente °C	Temperatura nominal de los conductores			
	60 °C	75 °C	90 °C	105 °C
30	1,00	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96	0,97
36-40	0,82	0,88	0,91	0,93
41-45	0,71	0,82	0,87	0,89
46-50	0,58	0,75	0,82	0,86
51-55	0,41	0,67	0,76	0,82
56-60	—	0,58	0,71	0,77
61-70	—	0,33	0,58	0,68
71-80	—	-	0,41	0,58

Fuente: Norma Técnica Colombiana (NTC2050). [en línea].2021(citado el 7/11/2021).Disponible en:
https://www.armada.mil.co/sites/default/files/normograma_arc/mantenimiento1/NTC%20%202050.pdf

5.10.1 Cálculo del cableado en corriente continua

Los tramos de corriente continua serían los tramos 1,2,3 y 4, donde en estos tramos mencionados se utilizará conductores EXZHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8Kv DC Libre de halógenos, en los que sus valores intensidades admisibles se pueden ver en la tabla 35.

Tabla 35. Características técnicas cable solar Exzhellent.

Código de General Cable	Sección (mm ²)	Diámetro nominal exterior (mm)	Peso nominal (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Intensidad máx. admisible al aire 60 °C * (A)	Caída de tensión DC system (V/A.km)
1614107	1x2,5	4,8	45	20	41	22,9
1619108	1x4	6,0	65	25	55	14,2
1619109	1x6	6,6	85	25	70	9,45
1619110	1x10	8,0	135	35	96	5,43
1614111	1x16	8,5	195	35	132	3,46
1614112	1x25	10,2	290	45	176	2,22
1614113	1x35	11,5	390	50	218	1,57
1614114	1x50	13,7	550	55	267	1,10
1614115	1x70	15,2	750	65	332	0,772
1614116	1x95	17,1	970	70	397	0,585
1614117	1x120	19,1	1.215	80	471	0,457
1614118	1x150	21,2	1.525	85	541	0,368
1614119	1x185	23,1	1.830	95	615	0,301
1614120	1x240	26,7	2.415	135	745	0,228
1614121	1x300	29,8	3.045	150	857	0,182

Fuente: EXZHELLENT SOLAR.[en línea]. Disponible en: <http://www.cabletelandalucia.com/assets/zzf.pdf>

Tramo 1. conexión de los módulos en serie de cada cadena a la caja de conexiones del generador.

En este tramo se utiliza la intensidad de cortocircuito de un módulo fotovoltaico en condiciones CEM multiplicado por un factor de 1,25.

Tabla 36. Corriente de cortocircuito de cada módulo para cada arreglo.

Arreglo	L	(I_{SC})	1.25 * (I_{SC})
1	1	10.4	13
2	1	10.4	13
3	1	11,45	14.32

Arreglo 1 Y 2

$$S = \frac{200 * 1m * 13A}{0.16 * 48 v * 45 s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 7.523 mm^2$$

Arreglo 3

$$S = \frac{200 * 1m * 14,32A}{0.16 * 48 v * 45 s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 8.287 mm^2$$

La sección normalizada más cercana para los tres arreglos es 10mm²

Calculando la nueva intensidad del tramo 1 aplicando una corrección por temperatura de 50 grados el cual está dado por factor de 0,89.

Arreglo 1 Y 2

$$I_1 = \frac{13 A}{0.89}$$

$$I_1 = 14.606 A$$

Arreglo 3

$$I_1 = \frac{14.32 A}{0.89}$$

$$I_1 = 16.08 A$$

Mirando la tabla 35, la corriente máxima admisible del conductor de 10 mm² es de 96A por lo cual cumpliría también por calentamiento para este tramo y los tres arreglos.

Tramo 2. Conexión de la caja de conexiones del generador al regulador de carga

En este tramo se utiliza la intensidad de cortocircuito de cada generador fotovoltaico en condiciones CEM multiplicado por un factor de 1,25.

Tabla 37. Corriente de cortocircuito de cada generador sobredimensionada.

Arreglo	L (m)	I_{GSC}	$1,25 * I_{GSC}$
1	5	41.6	52
2	5	31.2	39
3	5	34.35	42.93

Arreglo 1

$$S = \frac{200 * 5m * 52A}{0.8 * 48 v * 45 s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 30.09 \text{ mm}^2$$

Arreglo 2

$$S = \frac{200 * 5m * 39A}{0.8 * 48 v * 45 s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 22.56 \text{ mm}^2$$

Arreglo 3

$$S = \frac{200 * 5m * 42,93A}{0.8 * 48 v * 45 s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 24.84 \text{ mm}^2$$

La sección normalizada más cercana para los tres arreglos es 35 mm²

Calculando la nueva intensidad del tramo 2 aplicando una corrección por temperatura de 50 grados el cual está dado por factor de 0,89.

Arreglo 1

$$I_1 = \frac{52 A}{0.89}$$

$$I_1 = 58.42 A$$

Arreglo 2

$$I_1 = \frac{39 A}{0.89}$$

$$I_1 = 43.82 A$$

Arreglo 3

$$I_1 = \frac{42.93 A}{0.89}$$

$$I_1 = 48.23 A$$

Mirando la tabla 35, la corriente máxima admisible del conductor de 35 mm² es de 218A por lo cual cumpliría también por calentamiento para este tramo y los tres arreglos.

Tramo 3. Conexión del regulador de carga con la batería de acumuladores

En este tramo se utiliza la intensidad de cortocircuito de cada generador fotovoltaico en condiciones CEM multiplicado por un factor de 1,25.

Tabla 38. Corriente de cortocircuito de cada generador sobredimensionada.

Arreglo	L (m)	I_{Gsc}	$1,25 * I_{Gsc}$
1	5	41.6	52
2	5	31.2	39
3	5	34.35	42.93

Arreglo 1

$$S = \frac{200 * 2m * 52A}{0.96 * 48 v * 45 s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 10.03 \text{ mm}^2$$

Arreglo 2

$$S = \frac{200 * 2m * 39A}{0.96 * 48 v * 45 s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 7.52 \text{ mm}^2$$

Arreglo 3

$$S = \frac{200 * 2m * 42,93A}{0.96 * 48 v * 45 s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 8.28 \text{ mm}^2$$

La sección normalizada más cercana para los tres arreglos es 16 mm²

Mirando la tabla 35, la corriente máxima admisible del conductor de 16 mm² es de 132 A por lo cual también cumpliría por calentamiento para este tramo y los tres arreglos.

Tramo 4. Conexión del regulador con el inversor

En este tramo se utiliza la corriente de entrada del inversor para su potencia nominal con un factor de 1,25 y la tensión nominal del sistema de acumulación. La corriente del inversor se calcula con la ecuación 29.

$$I_{Inv \text{ cc}} = \frac{P_{nl}}{n_{ni} * V_n} \quad (29)$$

$V_n =$ Tensión nominal del sistema de acumulación (V).
 $n_{ni} =$ Rendimiento nominal del inversor.

$P_{ni} =$ Potencia nominal del inversor.

$$I_{Inv\ cc} = \frac{3000w}{0,9 * 48v}$$

$$I_{Inv\ cc} = 64.44\ A$$

$$I_4 = 1,25 * I_{Inv\ cc}$$

$$I_4 = 1,25 * (64.44\ A)$$

$$I_4 = 80,55\ A$$

Como el inversor sería el mismo para los tres arreglos de paneles, solo se calcula una vez y este aplica para los tres.

$$S = \frac{200 * 1m * 80,55\ A}{0.16 * 48\ v * 45\ s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 46.6145\ mm^2$$

La sección normalizada más cercana es 50 mm²

Mirando la tabla 35, la corriente máxima admisible del conductor de 50 mm² es de 267 A por lo cual también cumpliría por calentamiento para este tramo.

5.10.2 Cálculo del cableado en corriente alterna.

Los tramos de corriente alternan sería el tramo 5, donde en este tramo mencionado se utilizará conductores RZ1-K (AS) 0,6/1 kV CPR de la marca RCT, en los que sus valores intensidades admisibles se pueden ver en la tabla 32.

Tabla 39. Características técnicas c RZ1-K (AS) 0,6/1 kV CPR.

Sección (mm ²)	Resistencia a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (1) (4)	Intensidad admisible enterrado (4)	
			Directo(2)	En galería(3)
1x1,5	13,30	26	-	-
1x2,5	7,98	36	-	-
1x4	4,95	49	-	-
1x6	3,30	62	72	46
1x10	1,91	83	96	64
1x16	1,21	115	125	86
1x25	0,78	135	160	120
1x35	0,554	169	190	145
1x50	0,386	206	230	180
1x70	0,272	268	280	230
1x95	0,206	325	335	285
1x120	0,161	382	380	335
1x150	0,129	444	425	385
1x185	0,106	510	480	450
1x240	0,0801	607	550	535
1x300	0,0641	704	620	615
1x400	0,0486	760	705	699
2x1,5	13,30	26	-	-
2x2,5	7,98	36	-	-
2x4	4,95	49	-	-
2x6	3,30	62	80	54
2x10	1,91	83	107	74
2x16	1,21	115	140	100
2x25	0,78	135	183	134

Tramo 5. Conexión del inversor con la caja general de mando y la protección de la instalación

En este tramo se utiliza la corriente de salida del inversor para su potencia nominal con un factor de 1,25 y la tensión nominal de utilización. La corriente del inversor se calcula con la ecuación.

$$I_{Inv\ AC} = \frac{P_{nl}}{V_{Ac}}$$

P_{nl} = Potencia nominal del inversor(w).

V_{Ac} = Tensión nominal de la instalación de utilización(v).

$$I_{Inv\ cA} = \frac{3000w}{120v}$$

$$I_{Inv\ cA} = 25\ A$$

$$I_5 = 1,25 * I_{Inv\ cA}$$

$$I_5 = 1,25 * (25\ A)$$

$$I_5 = 31.25\ A$$

Como el inversor sería el mismo para los tres arreglos de paneles solo se calcula una vez y este aplica para los tres.

$$S = \frac{200 * 2m * 31.25\ A}{0.32 * 120\ v * 45\ s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 7.23\ mm^2$$

La sección normalizada más cercana es 10 mm²

Mirando la tabla 39, la corriente máxima admisible del conductor de 10 mm² es de 83 A por lo cual también cumpliría por calentamiento para este tramo.

5.11 DIMENSIONADO DE LAS PROTECCIONES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

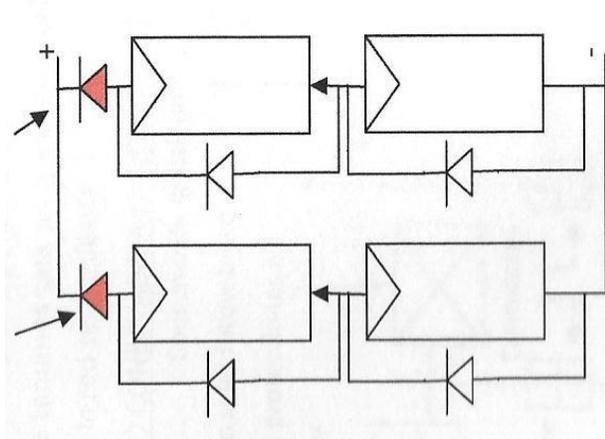
Es de vital importancia tener en estos sistemas protecciones que nos mantengan seguros tanto los equipos como también el personal que se encarga de realizar trabajos sobre este, por tal razón se deben seleccionar varios elementos de protección para la instalación fotovoltaica.

5.11.1 Protecciones del generador

Diodo de bloqueo: cumple la función de proteger al sistema de acumulación para que este no se descargue en el momento que el generador fotovoltaico no este recibiendo radiación solar⁴².

⁴² MORALES,n ¿Qué son los diodos de bloqueo? [en línea] 28/09/2021 . (29/11/2021). Disponible en internet: <https://www.e4e-soluciones.com/blog-eficiencia-energetica/que-son-los-diodos-de-bloqueo>

Figura 24. Diodo de bloqueo en el generador fotovoltaico.



Fuente: Aula facil. [en línea]. Disponible en: <https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-fotovoltaica-1/diodos-de-bloqueo-y-otras-perdidas-l37939>

Los diodos de bloqueo se dimensionan para resistir la corriente de cortocircuito de un panel solar (I_{sc}) multiplicada por 2 en condiciones CEM y el voltaje inverso de circuito abierto del generador multiplicada por 2.⁴³

Tabla 40. Dimensionamiento del fusible para el generador.

Arreglo	(I_{sc})	$2 * (I_{sc})$	V_{Goc}	$2 * V_{Goc}$
1	10.4	20.8	97.2	194.4
2	10.4	20.8	97.2	194.4
3	11,45	22.9	100.3	200.6

para los tres arreglos se elige un diodo de bloqueo de 30 A, el cual cumple con los valores de corriente y tensión para los tres arreglos.

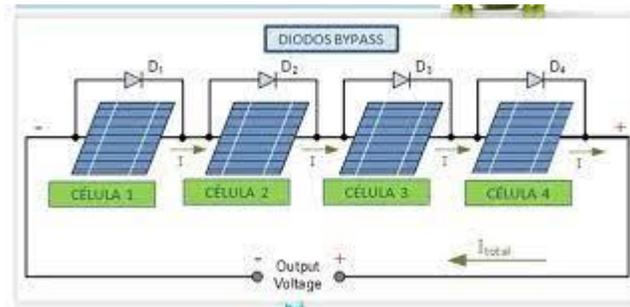
Diodo bypass: Permiten que cuando se presenten daños en las células o un elemento cause una sombra no realice un consumo de energía⁴⁴.

Los diodos de bypass se dimensionan de la misma manera que los diodos de bloqueo lo cual se observa en la tabla 40.

⁴³ CASTEJON, SANTAMARIA. Op.Cit., p.153

⁴⁴ DIAZ, Tomás y CARMONA, Guadalupe. Instalaciones Solares Fotovoltaicas. Primera Edición.Madrid España McGraw-Hill. 2010. P.200

Figura 25. Diodo de bypass

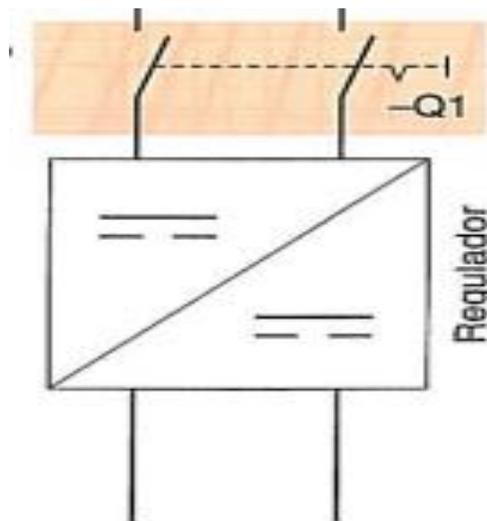


Fuente: Grupo Elektra [en línea]. Disponible en: <https://www.grupoelektra.es/blog/wp-content/uploads/2014/09/como-somos-los-delektra-bypass-y-bloqueo.pdf>

para los tres arreglos se elige un diodo de bypass de 30 A, el cual cumple con los valores de corriente y tensión para los tres arreglos.

Interruptor-Seccionador general del generador fotovoltaico: Es el encargado de manipular (abrir o cerrar) el circuito en condiciones de servicio, y se encuentra ubicado en la entrada del regulador de carga como se muestra en la figura 26.⁴⁵

Figura 26. Elemento de maniobra del generador fotovoltaico.



Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex p. 248.

⁴⁵ CASTEJON, SANTAMARIA. Op.Cit., p.155

Se calcula para resistir la corriente de cortocircuito del generador (I_{Gsc}) y la tensión de cortocircuito del generador (V_{Goc}).⁴⁶

Tabla 41. Valores de tensión y corriente para la selección del interruptor-seccionador.

Arreglo	I_{Gsc}	$V_{Goc}(v)$
1	41.6	97.2
2	31.2	97.2
3	34.35	100.3

Para los tres arreglos se selecciona el interruptor en carga seccionador InterPact INS100 4P 100 A de la marca schneider electric el cual cumple para los tres arreglos tanto en tensión como en corriente.

Figura 27. interruptor en carga - seccionador.

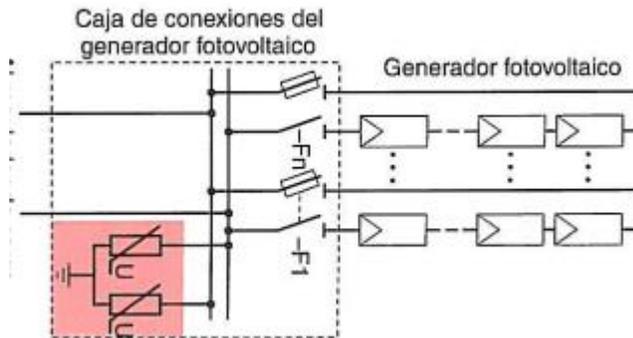


Fuente: SCHNEIDER ELECTRIC.[en línea]. Disponible en: https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Name=28925_DATASHEET_CO_es-CO.pdf&p_Reference=28925_DATASHEET

Dispositivo de sobretensión (DPS): Al encontrarse la instalación fotovoltaica en la mayoría de casos expuestas a descargas atmosféricas se debe colocar este dispositivo con el fin de descargar los picos de tensión, y de esta manera evitar que las tensiones transitorias lleguen averiar el sistema.

⁴⁶ CASTEJON, SANTAMARIA. Op.Cit., p.158

Figura 28. Protección contra sobretensiones del generador fotovoltaico.



Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: Editorial Edítex p. 248.

Para poder dimensionar el dispositivo de protecciones contra picos de tensión se debe tomar la tensión de circuito abierto del generador para una temperatura ambiente $- 10^{\circ}\text{C}$ ⁴⁷.

Tabla 42. Valores de tensión para el dps.

Arreglo	$V_{GOC}(v)$
1	97.2
2	97.2
3	100.3

Para los tres arreglos se ha elegido el SPD I2R Riel 100 V CC, modo único, MOV de 40 kA IEC 61643-1

Figura 29. Dps seleccionado para la instalación.



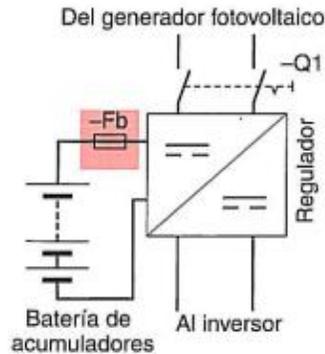
Fuente: Anexo ficha técnica DPS.

⁴⁷ CASTEJON, SANTAMARIA. Op.Cit., p.159

5.11.2 Protecciones del sistema de acumulación

Fusible: Los fusibles se instalarán en el terminal positivo de la batería como se observa en la figura 30.

Figura 30. Protección de la batería de acumuladores.



Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex p. 248.

Los fusibles se dimensionan para resistir la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico (I_{Gsc}) multiplicada entre los factores de 1,5 y 2 en condiciones CEM⁴⁸.

Tabla 43. Dimensionamiento del fusible para el sistema de acumulación.

Arreglo	I_{Gsc}	$1,5 * I_{Gsc}$	$2 * I_{Gsc}$
1	41.6	62.4	83.2
2	31.2	46.8	62.4
3	34.35	51.5	68.7

Para el primer arreglo se elige un fusible de 80 A 22x58, el segundo arreglo se selecciona un fusible 50 A 14x51 y el tercer arreglo un fusible de 63 A 22x58. Todos los fusibles estarán alojados en una base seccionable.

5.11.3 Protección del inversor y los circuitos de utilización

Son protecciones que actúan frente a sobrecargas y cortocircuitos se dimensiona por medio de la tensión y potencia nominales del inversor.

⁴⁸ Ibid. p 162

$$I_{Inv\ CA} = \frac{3000w}{120v}$$

$$I_{Inv\ CA} = 25\ A$$

$$I_5 = 1,25 * I_{Inv\ CA}$$

$$I_5 = 1,15 * (25\ A)$$

$$I_5 = 28.75\ A$$

El interruptor termomagnético seleccionado para los tres arreglos es el Breaker ABB Monofásico 32A SH202-C32

Figura 31. Interruptor termomagnético seleccionado.

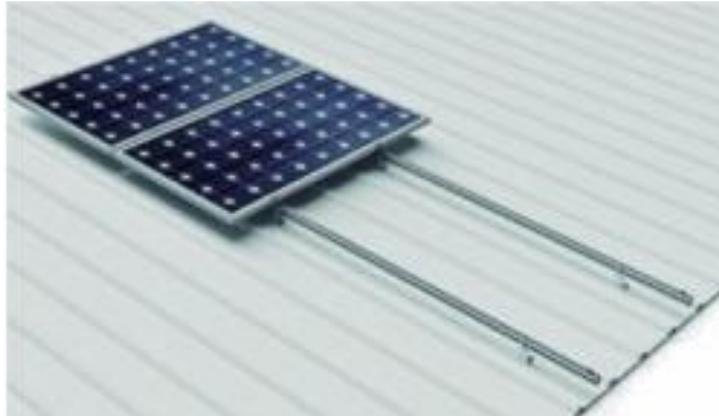


AUTOSOLAR. [en línea]. (30/10/2021) Disponible en:
https://autosolar.co/pdf/Technical_Data_Sheet_SH202-C25.pdf

5.12 ESTRUCTURA METÁLICA PARA LA INSTALACIÓN DE LOS MÓDULOS

Como en nuestro proyecto los paneles solares serán instalados encima de la vivienda se selecciona una estructura para cubierta metálica para dos paneles.

Figura 32. Estructura metálica para módulos fotovoltaicos.

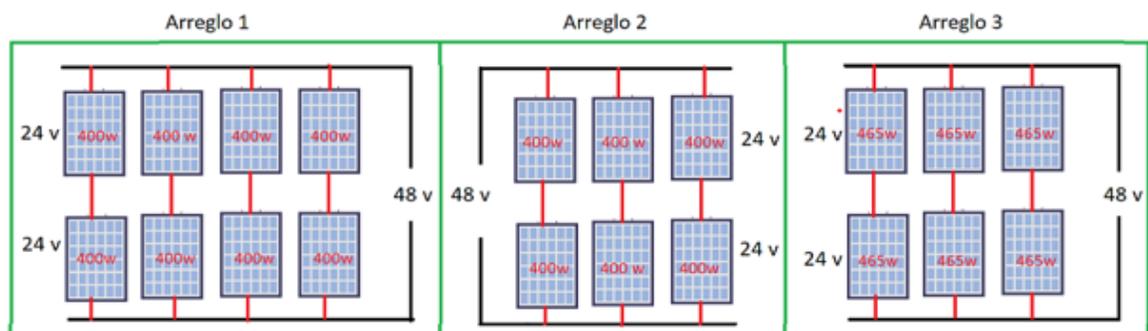


AUTOSOLAR. [en línea]. (30/10/2021) Disponible en: <https://autosolar.co/pdf/Ficha-Estructura-Cubierta-Metalica-KH-03-Falcat.pdf>

Como cada arreglo tienen diferentes números de paneles y la estructura seleccionada es de 2 paneles por estructura en la figura 32 se muestran el número de estructuras que necesita cada arreglo.

Figura 33. Número de estructuras para cada arreglo.

Arreglo	Numero de estructuras
1	4
2	3
3	3



Fuente: Autor

6 INVENTARIO Y PRESUPUESTO DE LOS MATERIALES

6.1 LISTADO DE MATERIALES

En la tabla 44 se muestra los materiales necesarios para realizar la instalación de los sistemas fotovoltaicos autónomos para las 16 viviendas del proyecto.

Tabla 44. Listado de materiales.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	EQUIPOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	
1	Panel Solar 465W 24V Monocristalino Perc JA SOLAR	78,00
2	Panel Solar 400W 24V Monocristalino Perc EcoGreen	22,00
3	Batería GEL 12V 300Ah Tensite	64,00
4	Controlador MPPT 60A MI4860 12v/24v/48v SRNE	16,00
5	Inversor PV30-3KW LMPK 3000W 48V LMPK 120V	16,00
6	Estructura para Cubierta Metálica de 2 paneles	50,00
	CONDUCTORES Y ACCESORIOS	
7	Cable solar 10 MM2 EXZEHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8KV	120,00
8	Cable solar 35 MM2 EXZEHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8KV	235,00
9	Cable solar 16 MM2 EXZEHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8KV	90,00
10	solar 50MM2 EXZEHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8KV	80,00
11	Cable 10MM2 RZ1-K (AS) 0,6/1 kV CPR	155,00
12	Terminal de Ojo Cable 16mm	72,00
13	Terminal de Ojo Cable 10mm	160,00
14	Terminal de Ojo Cable 50mm	72,00
15	Conectores mc4 macho multicontac	20,00
16	Conectores mc4 hembra multicontac	20,00
17	Caja Combinadora Barraje Bornera Conexiones	16,00
18	Tablero Sobreponer	16,00

PROTECCIONES		
15	Interruptor en carga seccionador InterPact INS100 4P 100 A	16,00
16	DPS VCL 100V 45kA S (Dispositivo de Proteccion contra Sobretensiones)	16,00
17	Diodo de bloqueo de 30 A 1000vdc	50,00
18	Diodo de bypass 30A 1000 vdc	100,00
19	Portafusible	16,00
20	Fusible 1000VDC a 50A	1,00
21	Fusible 1000VDC a 63A	13,00
22	Fusible 1000VDC a 80A	2,00
23	Breaker ABB Monofásico 32A SH202-C32	16,00
24	Varilla COOPER WELD 5/8 X 1,5	16,00
25	GRAPA O CONECTOR DE TORNILLO P/VARILLA DE PUESTA A TIERRA 5/8" COBRE	16,00

6.2 PRESUPUESTO

El presupuesto siguiente muestra los valores de cada uno de los materiales a utilizar y el valor total del proyecto

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR PARCIAL
EQUIPOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO					
1	Panel Solar 465W 24V Monocristalino Perc JA SOLAR	UNIDAD	78,00	\$ 831.100,00	\$ 64.825.800,00
2	Panel Solar 400W 24V Monocristalino Perc EcoGreen	UNIDAD	22,00	\$ 720.705,00	\$ 15.855.510,00
3	Batería GEL 12V 300Ah Tensite	UNIDAD	64,00	\$ 1.879.279,00	\$ 120.273.856,00
4	Controlador MPPT 60A MI4860 12v/24v/48v SRNE	UNIDAD	16,00	\$ 1.040.300,00	\$ 16.644.800,00
5	Inversor PV30-3KW LMPK 3000W 48V LMPK 120V	UNIDAD	16,00	\$ 2.687.600,00	\$ 43.001.600,00
6	Estructura para Cubierta Metálica de 2 paneles	UNIDAD	50,00	\$ 362.827,00	\$ 18.141.350,00

CONDUCTORES Y ACCESORIOS						
7	Cable solar 10 MM2 EXZEHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8KV	ML	120,00	\$ 12.234,00	\$ 1.468.080,00	
8	Cable solar 35 MM2 EXZEHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8KV	ML	235,00	\$ 28.500,00	\$ 6.697.500,00	
9	Cable solar 16 MM2 EXZEHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8KV	ML	90,00	\$ 20.500,00	\$ 1.845.000,00	
10	solar 50MM2 EXZEHELLENT SOLAR ZZ-F 1,8KV	ML	80,00	\$ 45.500,00	\$ 3.640.000,00	
11	Cable 10MM2 RZ1-K (AS) 0,6/1 kV CPR	ML	155,00	\$ 16.900,00	\$ 2.619.500,00	
12	Terminal de Ojo Cable 16mm	UNIDAD	72,00	\$ 2.100,00	\$ 151.200,00	
13	Terminal de Ojo Cable 10mm	UNIDAD	160,00	\$ 1.950,00	\$ 312.000,00	
14	Terminal de Ojo Cable 50mm	UNIDAD	72,00	\$ 5.500,00	\$ 396.000,00	
15	Conectores mc4 macho multicontac	UNIDAD	20,00	\$ 8.750,00	\$ 175.000,00	
16	Conectores mc4 hembra multicontac	UNIDAD	20,00	\$ 8.750,00	\$ 175.000,00	
17	Caja Combinadora Barraje Bornera Conexiones	UNIDAD	16,00	\$ 58.000,00	\$ 928.000,00	
18	Tablero Sobreponer	UNIDAD	16,00	\$ 64.500,00	\$ 1.032.000,00	
PROTECCIONES						
15	Interruptor en carga seccionador InterPact INS100 4P 100 A	UNIDAD	16,00	\$ 220.500,00	\$ 3.528.000,00	
16	DPS VCL 100V 45kA S (Dispositivo de Proteccion contra Sobretensiones)	UNIDAD	16,00	\$ 297.500,00	\$ 4.760.000,00	
17	Diodo de bloqueo de 30 A 1000vdc	UNIDAD	50,00	\$ 38.100,00	\$ 1.905.000,00	
18	Diodo de bypass 30A 1000 vdc	UNIDAD	100,00	\$ 34.600,00	\$ 3.460.000,00	
19	Portafusible	UNIDA	16,00	\$ 53.300,00	\$ 852.800,00	
20	Fusible 1000VDC a 50A	UNIDAD	1,00	\$ 23.500,00	\$ 23.500,00	
21	Fusible 1000VDC a 63A	UNIDAD	13,00	\$ 35.100,00	\$ 456.300,00	
22	Fusible 1000VDC a 80A	UNIDAD	2,00	\$ 58.900,00	\$ 117.800,00	

23	Breaker ABB Monofásico 32A SH202-C32	UNIDAD	16,00	\$ 82.100,00	\$ 1.313.600,00
24	Varilla COOPER WELD 5/8 X 1,5	UNIDAD	16,00	\$ 160.100,00	\$ 2.561.600,00
25	GRAPA O CONECTOR DE TORNILLO P/VARILLA DE PUESTA A TIERRA 5/8" COBRE	UNIDAD	16,00	\$ 9.000,00	\$ 144.000,00
TRANSPORTE Y MANO DE OBRA					
26	Ingreso de material en lancha	UNIDAD	16,00	\$ 530.000,00	\$ 8.480.000,00
27	Ingreso de materiales con animales de carga (se pagaga cada carga de semoviente como unidad)	UNIDAD	64,00	\$ 70.000,00	\$ 4.480.000,00
28	Mano de obra		1,00	\$ 121.630.300	\$ 121.630.300,00

TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 451.895.096,00
TOTAL COSTO INDIRECTO	\$ 140.087.479,96

ADMINISTRACION	25,00%	\$ 112.973.774,00
IMPREVISTO	1,00%	\$ 4.518.950,96
UTILIDAD	5,00%	\$ 22.594.755,00

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	\$ 591.982.575,96
---------------------------------	--------------------------

7 CONCLUSIONES

Los sistemas fotovoltaicos autónomos presentan grandes ventajas para los lugares que se encuentran muy alejados de las zonas de conexión eléctrica, debido a que los elementos que componen este sistema están diseñados para tener una alta durabilidad y un mantenimiento no muy seguido, a diferencia de los generadores que utilizan combustibles que son contaminantes y necesitan un mantenimiento más seguido para garantizar que no se presenten daños en este.

En el momento de elegir una batería que se encargue de acumular la energía eléctrica del sistema se debe tener muy en cuenta no sobrepasar ciertos límites ya que cuando se dimensiona el generador fotovoltaico se tendrá una capacidad de corriente de cortocircuito de todo el sistema y si se dimensiona de manera muy exagerada la batería, el generador no tendrá la capacidad de cargarla completamente.

Los sistemas fotovoltaicos autónomos para su construcción presentan una serie de elementos que se encarga de generar, almacenar, controlar, convertir y proteger. Uno de los dispositivos que hace más costosos la implementación de estos sistemas es la utilización de baterías ya que estas tecnologías cada día presentan más avances y por ende su precio también se eleva.

La implementación de sistemas fotovoltaico ayuda de gran manera en la lucha contra el calentamiento global debido a que en este sistema no se utilizan ningún tipo de combustible ni material que pueda atentar contra el medio ambiente.

8 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex, 2010. p. 247

STYLE, Oliver. Energía solar autónoma: planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo, Primera Edición, mayo 2012. P. 178

DOMINGUEZ, Hector, Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el cobaev 35 xalapa. Trabajo de grado maestría en ingeniería energética. Universidad veracruzana. Facultad de ingeniería mecánica eléctrica, 2012. p.172

MENDEZ, Javier y CUERVO, Rafael. Energía solar fotovoltaica. Madrid: FC Editorial, 2007. P. 245

DOMINGUEZ, Miguel y FLORES, Norma. Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio. Tesis que como requisito para obtener el grado de Maestro en Energías Renovables. Centro de investigación en materiales avanzados, s. c. posgrado. p.84

DAMIASOLAR, Baterías solares: funcionamiento [en línea] 2019. (citado el 24/10/2021). Disponible en internet: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/baterias-solares-funcionamiento_1

DIAZ, Tomás y CARMONA, Guadalupe. Instalaciones Solares Fotovoltaicas. Primera Edición. Madrid España McGraw-Hill. 2010. P.200

HG INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES, Controlador de carga. [en línea] 2020. (citado el 24/10/2021). Disponible en: <https://www.hgingeneria.com.co/que-es-un-controlador-de-carga-y-cual-es-su-funcion-en-un-sistema-solar-fotovoltaico/>

IDEAM, Variación espacio temporal. [en línea]. 2021. (citado el 27/10/2021). Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/variacion-espacio-temporal1>

ATLAS IDEAM, Atlas de radiación solar [en línea]. 2021. (citado el 27/10/2021). Disponible en: <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/RadiacionSolar13.pdf>

SAASENERGYPUEBLA. Sistema solar aislado [en línea]. Disponible en <https://saasenergypuebla.com/wp-content/uploads/2018/07/Sistema-Aislado.png>

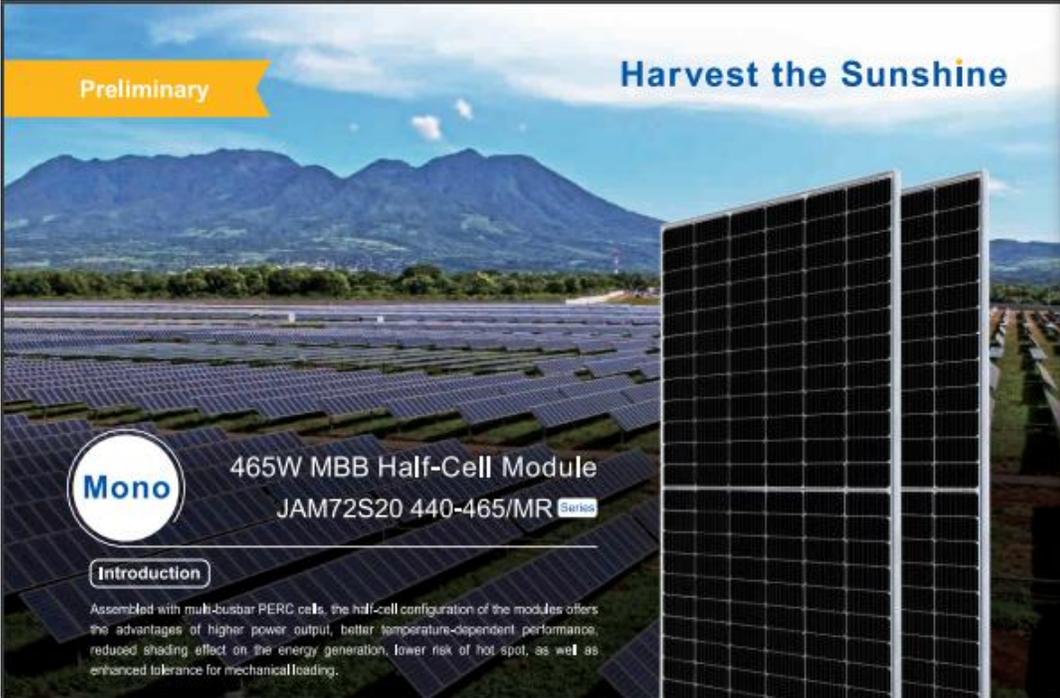
SAASENERGYPUEBLA. Sistema conectado a la red [en línea]. Disponible en: [saasenergypueblahttps://pannellisolarifv.com/wp-content/uploads/vt.png](https://saasenergypuebla.com/wp-content/uploads/vt.png)

KISSIMMEESOLARCLEANING. [en línea]. Disponible en:
<https://www.kissimmesolarcleaning.com/wp-content/uploads/2021/04/tipos-de-paneles-solares.jpg>

9 ANEXOS.

Anexo 1. Hoja de características del panel solar 1.

Preliminary
Harvest the Sunshine



Mono

465W MBB Half-Cell Module

JAM72S20 440-465/MR Series

Introduction

Assembled with multi-busbar PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

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



■ JA Linear Power Warranty ■ Industry Warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



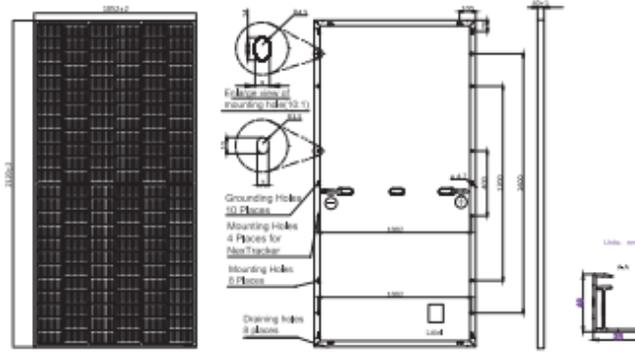


JA SOLAR

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



MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	25.0kg±3%
Dimensions	2120±2mm×1052±2mm×40±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144 (6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	27pcs/pallet 594pcs/40ft. Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	440	445	450	455	460	465
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.40	49.56	49.70	49.85	50.01	50.15
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	40.90	41.21	41.52	41.82	42.13	42.43
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.28	11.32	11.36	11.41	11.45	11.49
Maximum Power Current(Imp) [A]	10.76	10.80	10.84	10.88	10.92	10.96
Module Efficiency [%]	19.7	20.0	20.2	20.4	20.6	20.8
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.044%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.272%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

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

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	333	336	340	344	348	352
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.40	46.65	46.90	47.15	47.38	47.61
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.70	38.95	39.19	39.44	39.68	39.90
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.16	9.20	9.25	9.29	9.33	9.38
Max Power Current(Imp) [A]	8.60	8.64	8.68	8.72	8.76	8.81
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

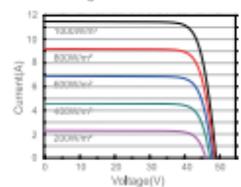
*For NeoTracker installations, Maximum Static Load, Front is 2400Pa while Maximum Static Load, Back is 2400Pa.

OPERATING CONDITIONS

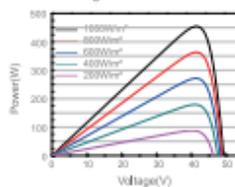
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load,Front*	5400Pa
Maximum Static Load,Back*	2400Pa
NOCT	45±2°C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

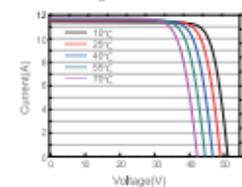
Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Power-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Anexo 2. Hoja de características del panel solar 2.



ECO GREEN ENERGY
Building a Greener World

EOS MONO PERC

380-400W / 72 Cells / 5 Bus Bars
Monocrystalline Module
ECE-380-400M-72



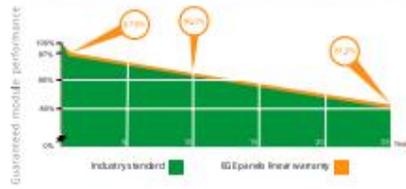


Qualité Française
Building a Greener World

CERTIFICATES

UL 1703 / CE / ISO 9001:2015 / PV CYCLE

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY
12-Year Product Warranty - 25-Year Linear Power Warranty



Eco Green Energy's modules are only made of grade A solar cells with a very high efficiency and ensured more than 25 years lifespan.

KEY FEATURES

-  5 bus bars cells, with efficiency up to 22.8 %
-  IP67 junction box for long term weather endurance
-  High quality aluminum frame, resisting load up to 5400 Pa and wind pressure up to 3800 Pa
-  High transmissivity, low-iron tempered glass
-  High performance in low-light environment
-  Double EL test before and after lamination

25

YEARS

OUTPUT POWER WARRANTY

12

YEARS

PRODUCT WARRANTY



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.

ELECTRICAL DATA AT STC*

Power output (Pmax)	380 W	385 W	390 W	395 W	400 W
Power tolerance	0→+5 W				
Module efficiency	19.15 %	19.41 %	19.66 %	19.91 %	20.16 %
Maximum power voltage (Vmp)	39.50 V	39.65 V	39.76 V	39.86 V	39.92 V
Maximum power current (Imp)	9.62 A	9.71 A	9.81 A	9.91 A	10.02 A
Open circuit voltage (Voc)	48.20 V	48.25 V	48.37 V	48.48 V	48.6 V
Short circuit current (Isc)	9.99 A	10.08 A	10.18 A	10.28 A	10.4 A

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1000 W / m² • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

ELECTRICAL DATA AT NOCT*

Power output (Pmax)	283.34 W	287.07 W	290.79 W	294.52 W	298.25 W
Maximum power voltage (Vmp)	37.03 V	37.17 V	37.27 V	37.37 V	37.42 V
Maximum power current (Imp)	7.64 A	7.71 A	7.79 A	7.87 A	7.96 A
Open circuit voltage (Voc)	44.70 V	44.74 V	44.86 V	44.96 V	45.07 V
Short circuit current (Isc)	8.12 A	8.19 A	8.28 A	8.36 A	8.45 A

*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m² • Ambient temperature: 20°C • AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NOCT	45 °C ±2 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.39%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.31%/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.06%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operating temperature range	-45 °C →+85 °C
Maximum system voltage	1500 V
Max series fuse rating	15 A
Max front load (e.g.: snow)	5400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2400 Pa

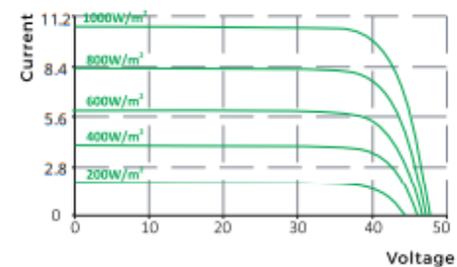
MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline (158.75x158.75 mm)
Number of cells	72
Dimensions	1980x1002x40mm
Weight	22.9 kg
Glass	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction box	IP67
Cable	0.9 m
Connector	MC4 or MC4 compatible

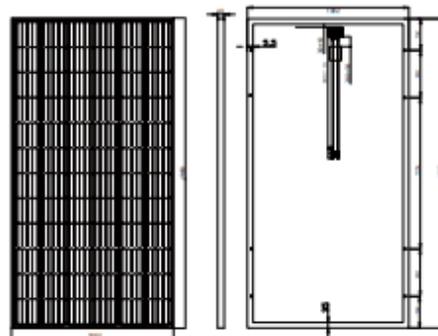
PACKAGING

Type	Pcs/ Type	Weight
Per Pallet	26 pcs	640 kg
20ft GP Container	290 pcs	7.2 t
40ft GP Container	620 pcs	15.3 t
40ft HQ Container	678 pcs	16.7 t

I-V CURVES



ENGINEERING DRAWINGS (mm)



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.
 Add: 299 Xing Cheng Road, Qiong Chuan District, Nantong
 Jiangsu, China
 Tel: +86 513 6669088 / Email: info@eco-greenenergy.com

Specifications included in this datasheet are subject to change
 without prior notice. Refer to our website for further information
 or contact one of our sales staff.
www.eco-greenenergy.com

Anexo 3. Ficha técnica del regulador de carga.



Maximum Power Point Tracking ML Series

MI4860 & ML4860-LI
Solar Charge and Discharge Controller



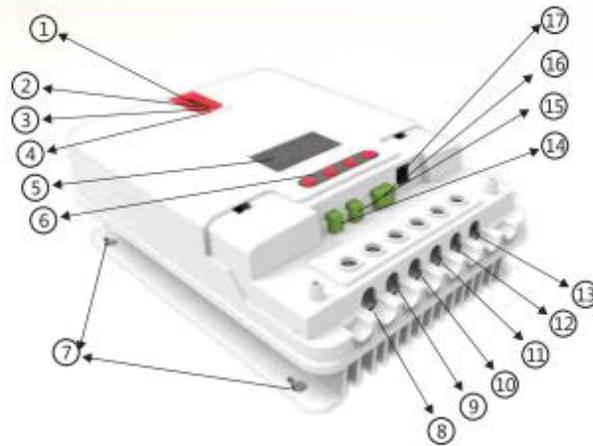


Features

- With the advanced dual-peak or multi-peak tracking technology, when the solar panel is shadowed or part of the panel fails resulting in multiple peaks on the I-V curve, the controller is still able to accurately track the maximum power point.
- A built-in maximum power point tracking algorithm can significantly improve the energy utilization efficiency of photovoltaic systems, and raise the charging efficiency by 15% to 20% compared with the conventional PWM method.
- A combination of multiple tracking algorithms enables accurate tracking of the optimum working point on the I-V curve in an extremely short time.
- The product boasts an optimum MPPT tracking efficiency of up to 99.9%.
- Advanced digital power supply technologies raise the circuit's energy conversion efficiency to as high as 98%.
- Different charging program options including those for gel batteries, sealed batteries and open batteries, customized ones, etc. are available.
- The controller features a limited current charging mode. When the solar panel power exceeds a certain level and the charging current is larger than the rated current, the controller will automatically lower the charging power and bring the charging current to the rated level.
- Instantaneous large current startup of capacitive loads is supported.
- Automatic recognition of battery voltage is supported.
- LED fault indicators and an LCD screen which can display abnormality information help users to quickly identify system faults.
- Historical data storage function is available, and data can be stored for up to a year.
- The controller is equipped with an LCD screen with which users can not only check device operating data and statuses, but also modify controller parameters.
- The controller supports standard Modbus protocol, fulfilling the communication needs of various occasions.
- All communications are electrically isolated, so users can rest assured in usage.
- The controller employs a built-in over-temperature protection mechanism. When temperature surpasses the set value, the charging current will decline in linear proportion to the temperature and discharging will be halted so as to curb the temperature rise of the controller, effectively keeping the controller from being damaged by overheat.
- With the help of an external battery voltage sampling function, battery voltage sampling is exempted from the effect of line loss, making control more precise.
- Featuring a temperature compensation function, the controller can automatically adjust charging and discharging parameters in order to extend the battery's service life.
- The controller also features a battery over-temperature protection function, and when the external battery temperature exceeds the set value, charging and discharging will be shut off so as to protect components from being damaged by overheat.
- TVS lightning protection

www.srnesolar.com

Appearance picture is as below



No.	Item	No.	Item
j	Charging indicator	8	Battery "+" interface
k	Battery indicator	9	Load "+" interface
l	Load indicator	10	Battery "-" interface
m	Abnormality indicator	11	Load "-" interface
n	LCD screen	12	External temperature sampling interface
o	Operating keys	13	Battery voltage compensation interface
p	Installation hole	14	RS485 communication interface
q	Solar panel "+" interface	15	RS232 communication interface
r	Solar panel "-" interface		

Product Detail



Product Specification Parameter

Parameter	Value
Model	ML4860/ML4860-LI
System voltage	12V/24V/36V/48V Auto
No-load loss	0.7 W to 1.2W
Battery voltage	9V to 70V
Max. solar input voltage	150V (25°C), 145V (-25°C)
Max. power point voltage range	Battery voltage +2V to 120V
Rated charging current	60A
Rated load current	20A
Max. capacitive load capacity	10000uF
Max. photovoltaic system input power	800W/12V; 1600W/24V; 2400W/36V; 3200W/48V
Conversion efficiency	≤ 98%
MPPT tracking efficiency	> 99%
Temperature compensation factor	-3mv/°C/2V (default)
Operating temperature	-35°C to +45°C
Waterproof level	IP32
Weight	3.6kg
Communication method	RS232 RS485
Altitude	≤ 3000m
Product dimensions	285*205*93mm

Anexo 4. Ficha técnica de la batería.

Tensite
GEL 12-300

GEL BATTERY

12V 300 AH



GEL SERIES BATTERY

GEL series batteries are manufactured with special separators and silica gel immobilizing the electrolyte inside the battery. The proven silica gel technology can improve battery cycle life and performance at wider temperature range. The deep discharge cycle life is increased 50% compared normal battery.

APPLICATION

- Emergency Power System
- Communication equipment
- Telecommunication systems
- Uninterruptible power supplies
- Power tools
- Marine equipment
- Medical equipment
- Solar and wind power system

GENERAL FEATURES

- Safety Sealing
- Non-spillable construction
- High power density
- Excellent recovery from Deep discharge
- Thick plates and high active materials
- Longer life and low self-discharge design

TECHNICAL SPECIFICATIONS

BATTERY MODEL	Nominal voltage		12V	
	Rated capacity (100 hour rate)		300Ah	
DIMENSION	Cells Per battery		Height	Total Height
	Length	Width		
APPROX. WEIGHT	67.0 kg ± 3%			
CAPACITY @ 25°C	10 hour rate (25.0A)	5 hour rate (43.7A)	3 hour rate (66.2A)	1 hour rate (161.5A)
	250.0 Ah	218.7 Ah	198.7 Ah	161.5 Ah
MAX. DISCHARGE CURRENT	2000 A (5 sec.)			
INTERNAL RESISTANCE	Full charged Vat 25°C: Approx. 2.0mΩ			
CAPACITY AFFECTED BY TEMP. (10 HR)	40°C	25°C	0°C	
	103%	100%	86%	
CHARGE METHOD @25°C	Cycle Use		Standby Use	
	14.4-15.0V (initial charging current less than 27A)		13.50-13.80V	

BATTERY DISCHARGE TABLE

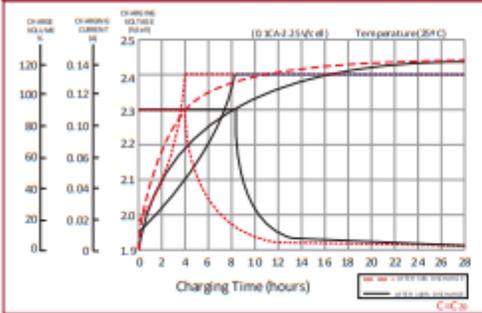
CONSTANT CURRENT (AMP) AND CONSTANT POWER (WATT) DISCHARGE TABLE AT 25 °C

F.V / TIME	CONSTANT CURRENT (AMP) AND CONSTANT POWER (WATT) DISCHARGE TABLE AT 25 °C												
	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min	2 h	3 h	5 h	8 h	10 h	20 h	
1.80	A	656.8	437.5	351.8	234.5	168.3	165.0	93.0	68.0	45.0	28.0	25.0C	13.00
	W	1224.8	815.9	656.0	437.3	313.8	307.7	173.4	126.8	83.9	52.2	46.6	25.7
1.75	A	696.2	463.8	369.3	241.5	173.3	170.0	95.3	69.7	45.7	28.3	25.25	13.13
	W	1298.3	864.9	688.8	450.5	323.2	317.0	177.8	130.0	85.2	52.7	47.1	25.9
1.70	A	788.1	525.0	386.9	248.6	178.3	174.9	97.7	71.4	46.4	28.6	25.5C	13.38
	W	1469.8	979.1	721.6	463.6	332.6	326.2	182.1	133.2	86.4	53.3	47.6	26.4
1.65	A	775.0	516.3	404.5	255.6	183.4	179.9	99.5	72.8	47.0	28.8	25.75	13.55
	W	1445.3	962.8	754.4	476.7	342.0	335.4	185.6	135.7	87.7	53.8	48.0	26.7
1.60	A	840.6	560.0	422.1	262.6	188.4	184.8	101.4	74.1	47.7	29.1	26.0C	13.63
	W	1567.8	1044.4	787.2	489.8	351.4	344.7	189.1	138.2	89.0	54.3	48.5	26.8

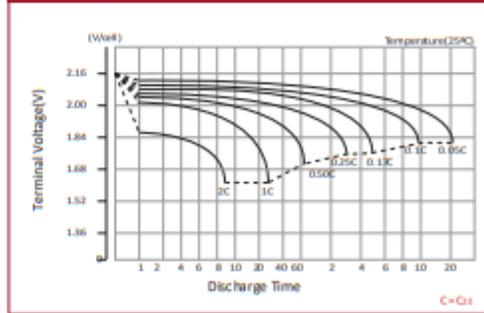
Tensite
 info@tensitebatteries.com
 www.tensitebatteries.com

BATTERY CHARACTERISTICS

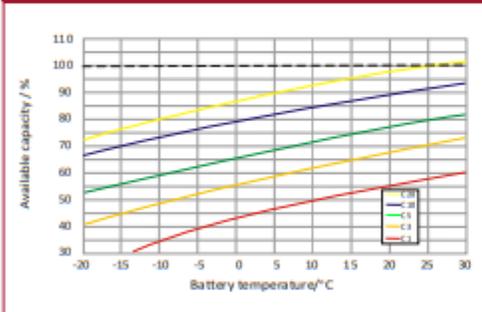
Float charging characteristics



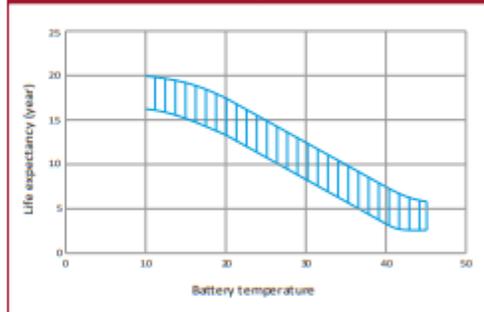
Discharge characteristics



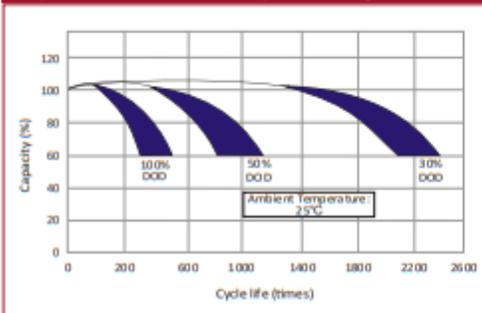
Temperature effects in relation to battery capacity



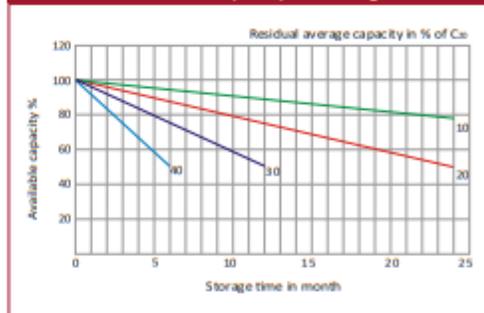
Effect of temperature on long term float life



Cycle life in relation to depth discharge



General relation of capacity vs. storage time



Anexo 5. Ficha técnica del inversor

Low Frequency Power Inverter/Charger PV3000 LMPK Series (1KW-6KW)



Features

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

Introduction

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

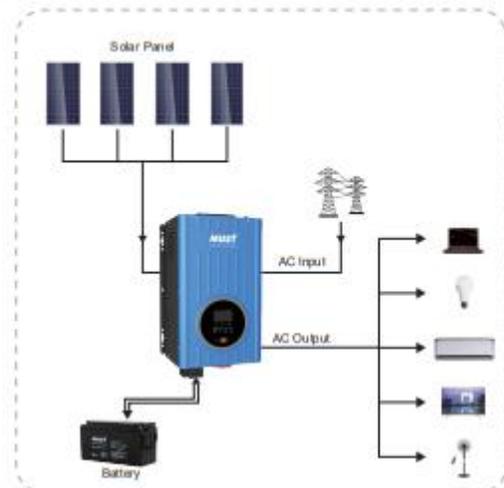
Back panel printing description



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

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

Solar system connection



Specification

MODEL		PV30-1KW LMPK	PV30-1.5KW LMPK	PV30-2KW LMPK	PV30-3KW LMPK	PV30-4KW LMPK	PV30-5KW LMPK	PV30-6KW LMPK				
Nominal Battery System Voltage		12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	24VDC	48VDC	24VDC	48VDC	48VDC	48VDC	
INVERTER OUTPUT	Rated Power	1 KW	1.5 KW	2 KW	3 KW	4 KW	5 KW	6 KW				
	Surge Rating(20ms)	3 KW	4.5 KW	6 KW	9 KW	12 KW	15 KW	18 KW				
	Capable Of Starting Electric Motor	1HP	1HP	1HP	2HP		3HP					
	Waveform	Pure sine wave \ same as input (bypass mode)										
	Nominal Output Voltage RMS	110V \ 115V \ 120VAC(±10% RMS)										
	Output Frequency	50Hz \ 60Hz ±0.3Hz										
	Inverter Efficiency (Peak)	>88%										
	Line Mode Efficiency	>95%										
	Power Factor	1.0										
Typical Transfer Time	10ms(max)											
AC INPUT	Voltage	230VAC										
	Selectable Voltage Range	95-135VAC (For personal computers)										
	Frequency Range	50Hz \ 60Hz (Auto sensing) 40-80Hz										
BATTERY	Minimum Start Voltage	10.5VDC \ 11VDC for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)										
	Low Battery Alarm	11VDC ±0.3V for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)										
	Low Battery Cut Off	10.5VDC ±0.3V for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)										
	High Voltage Alarm	16.0VDC ±0.3V for 12VDC mode(*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)										
	High Battery Voltage Recover	15.5VDC ±0.3V for 12VDC mode										
	Idle Consumption-Search Mode	<25W when power saver on										
CHARGER	Output Voltage	Depends on battery type										
	Charge AC Input Breaker Rating	120V	1K\12A	1.5K\16A	2K\30A	3K\40A	4.6K\60A					
		230V	1-1.5K\10A			2-3K\30A		4-6K\40A				
	Overcharge Protection S.D.	15.7VDC for 12VDC mode (*2 for 24VDC mode, *4 for 48VDC mode)										
	Maximum Charge Current	30A	20A	45A	25A	60A	30A	40A	20A	60A	30A	35A
BYPASS & PROTECTION	Input Voltage Waveform	Sine wave (grid or generator)										
	Nominal Input Frequency	60Hz or 60Hz										
	Overload Protection (SMPS Load)	Circuit breaker										
	Output Short Circuit Protection	Circuit breaker										
	Bypass Breaker Rating	230V	1-3K\30A					4-6K\40A				
		120V	1K\16A	1.5K\20A	2K\30A	3K\40A	4-6K\60A					
	Max Bypass Current	30Amp										
SOLAR CHARGER	Maximum PV Array Power	1250W	2500W	1250W	2500W	1250W	2500W	2500W	5000W	2500W	5000W	5000W
	Maximum PV Charge Current	80A±4A										
	DC Voltage	12V \ 24V auto work					24V \ 48V auto work					
	MPPT Range @ Operating Voltage	16-100VDC @ 12V\32-145VDC @ 24V					32-145VDC @ 24V\64-145VDC @ 48V					
	Maximum PV Array Open Circuit Voltage	145VDC										
	Standby Power Consumption	<2W										
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Mounting	Wall Mount										
	Dimensions (W*H*D)	423*247*197mm					597*247*197mm					
	Net Weight (Solar CHG)(kg)	17.2	17.7	21.8	20.7	25.2	25.5	38.9	36.5	45.7	45.9	
	Shipping Dimensions (W*H*D)	585*387*322mm					758*387*322mm					
	Shipping Weight (Solar CHG)(kg)	20	20.7	24.8	23.5	28.2	28.2	43	40.7	50	50	
OTHER	Operation Temperature Range	0°C to 40°C										
	Storage Temperature	-15°C to 60°C										
	Audible Noise	60dB MAX										
	Display	LED+LCD										
	Standard Warranty	1 year										

Anexo 6. Ficha técnica del conductor en corriente continua.

exZhelent SOLAR

EXZHELLENT® SOLAR

ZZ-F - Libre de halógenos

1.8 kV DC - 0,6/1 kV AC

NORMAS:

CONSTRUCCIÓN
TÜV 2Pfg 1169
EN 50618

REACCIÓN AL FUEGO
IEC 60332-1-2 IEC 61034-2
EN 60332-1-2 EN 61034-2
IEC 60754-1
EN 60754-1



CONSTRUCCIÓN:

- 1. CONDUCTOR**
Cobre, clase 5 según IEC 60228.
- 2. AISLAMIENTO**
Compuesto de EVA reticulado.
Color natural.
- 3. CUBIERTA EXTERIOR**
Compuesto de EVA reticulado.
Colores rojo o negro.

APLICACIONES:

Pensados para la interconexión de paneles en instalaciones fotovoltaicas y para la conexión de estos con las cajas de conexión y los inversores, tanto en interiores, exteriores e instalaciones fijas o móviles (seguidores solares), como en tierra, tejados o integrados en edificios. No recomendado para instalación subterránea, ya sea bajo tubo o directamente enterrado.

Estos cables no están diseñados para ser sumergidos.

Temperatura máxima del conductor: +90 °C [120 °C durante 20.000 horas]
Temperatura mínima de trabajo: -40 °C.



CERTIFICACIONES:



LCIE se aplica a secciones desde 4 mm² hasta 25 mm² inclusive.
TÜV no se aplica a la sección 300 mm².

General Cable

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS:

Código de General Cable	Sección en ²	Diámetro nominal exterior en ²	Peso nominal (kg/100m)	Radio mínimo de curvatura en ²	Intensidad máx. admisible al aire 60 °C * (A)	Caja de tensión DC system (VA/100m)
1614107	1x2,5	4,8	45	20	41	22,9
1619108	1x4	6,0	65	25	55	14,2
1619109	1x6	6,6	85	25	70	9,45
1619110	1x10	8,0	135	35	96	5,43
1614111	1x16	8,5	195	35	132	3,46
1614112	1x25	10,2	290	45	176	2,22
1614113	1x35	11,5	390	50	218	1,57
1614114	1x50	13,7	550	55	267	1,10
1614115	1x70	15,2	750	65	332	0,772
1614116	1x95	17,1	970	70	397	0,585
1614117	1x120	19,1	1.215	80	471	0,457
1614118	1x150	21,2	1.525	85	541	0,368
1614119	1x185	23,1	1.830	95	615	0,301
1614120	1x240	26,7	2.415	135	745	0,228
1614121	1x300	29,8	3.045	150	857	0,182

* Temperatura máxima del conductor de 120 °C, según TÜV 2Pfg 1169:2007.

Valores nominales sujetos a variación en función de la tolerancia de fabricación.

Anexo 7. Ficha técnica del conductor en corriente alterna.

Cables 0,6/1 kV

RZ1-K (AS) 0,6/1 kV CPR



Descripción

Los cables libres de halógenos RZ1-K (AS) CPR cumplen con los criterios de clasificación de productos de la construcción según Reglamento CPR 305/2011 y la norma EN 50575, siendo los indicados para instalaciones fijas, protegidas o no, donde en caso de incendio se requiera una baja emisión de humos y gases corrosivos, como locales de pública concurrencia, hospitales, escuelas, centros comerciales y aeropuertos. Son adecuados para instalaciones interiores y exteriores. Su gran flexibilidad los hace muy apropiados en instalaciones complejas y de gran dificultad.

Los cables RZ1-K (AS) 0,6/1 kV se fabrican con cubierta de color verde según la norma UNE 21123. Los cables RZ1-K (AS) 0,6/1 kV pueden fabricarse en otros colores según la norma IEC 60502.

Normas de Referencia: UNE 21123 y HD 603 S1

Aplicaciones

Según el REBT 2002, para las siguientes instalaciones:

- ITC-BT 09 Redes de alimentación subterránea para instalaciones de alumbrado exterior
- ITC-BT 14 Línea general de alimentación
- ITC-BT 15 Derivación individual
- ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras
- ITC-BT 28 Locales de pública concurrencia

Igualmente se pueden utilizar en las siguientes:

- ITC-BT 07 Redes subterráneas para distribución en baja tensión
- ITC-BT 11 Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas subterráneas
- ITC-BT 30 Instalaciones en locales de características especiales

Apropiados para instalaciones en las que se quiera aumentar la protección contra incendios.
Adecuados para instalaciones interiores y exteriores, sobre soportes al aire, en tubos o enterrados.

Características Técnicas

1. Conductor	Cobre electrolítico flexible (Clase V) según UNE-EN 60228, EN 60228 e IEC 60228
2. Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX 3 según UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502-1
3. Cubierta	Poliolefina termoplástica tipo DMZ-E según UNE 21123 y UNE-HD 603-1 y ST8 según IEC 60502-1
Tensión nominal	0,6/1 kV
Tensión de ensayo	3.500 V C.A.
Temperatura máxima	90 °C



cablesrct.com

Intensidades máximas admisibles para cables de conductores de cobre flexible con tensión de utilización 0,6/1kV y con aislamiento de XLPE (Polietileno reticulado)

En la siguiente tabla se recogen valores de referencia calculados para distintas secciones según las siguientes condiciones:

- **Instalación al aire (1):** Instalación sobre bandejas perforadas tipo E según REBT 2002, valor corregido para una temperatura ambiente de 30 °C, instalación sin otros circuitos en contacto (ITC BT-19).
- **Instalación directamente enterrada (2):** Instalación enterrada a una profundidad de 0,70m, cálculo para una temperatura ambiente del terreno de 25 °C y una resistividad térmica de 1K.m/W, instalación sin otros circuitos en contacto (ITC BT-07).
- **Instalación enterrada en galería ventilada (3):** Cálculo para una temperatura ambiente de 40 °C (ITC BT-07).

En instalación enterrada la sección mínima permitida para conductores de cobre será 6mm². En los cables unipolares la intensidad máxima admisible será para instalación trifásica, con 3 cables unipolares aislados.

Los valores de intensidad máxima admisible será los correspondientes a un máximo de 3 conductores activos instalados de forma independiente a otros circuitos en las condiciones exactas indicadas para cada caso. Para otras características de instalación será necesaria la aplicación de los coeficientes de reducción correspondientes. Estos datos son orientativos y están calculados en base a unas condiciones de referencia, Cables RCT no se hace responsable del uso de esta información.

Sección (mm ²)	Resistencia a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (1) (4)	Intensidad admisible enterrada (4)	
			Directo(2)	En galería(3)
1x1,5	13,30	26	-	-
1x2,5	7,98	36	-	-
1x4	4,95	49	-	-
1x6	3,30	62	72	46
1x10	1,91	83	96	64
1x16	1,21	115	125	86
1x25	0,78	135	160	120
1x35	0,554	169	190	145
1x50	0,386	206	230	180
1x70	0,272	268	280	230
1x95	0,206	325	335	285
1x120	0,161	382	380	335
1x150	0,129	444	425	385
1x185	0,106	510	480	450
1x240	0,0801	607	550	535
1x300	0,0641	704	620	615
1x400	0,0486	760	705	699
2x1,5	13,30	26	-	-
2x2,5	7,98	36	-	-
2x4	4,95	49	-	-
2x6	3,30	62	80	54
2x10	1,91	83	107	74
2x16	1,21	115	140	100
2x25	0,78	135	183	134

Tabla 14

Sección (mm ²)	Resistencia a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (1) (4)	Intensidad admisible enterrada (4)	
			Directo(2)	En galería(3)
3x1,5	13,30	23	-	-
3x2,5	7,98	31	-	-
3x4	4,95	42	-	-
3x6	3,30	54	66	44
3x10	1,91	75	88	61
3x16	1,21	100	115	82
3x25	0,78	127	150	110
3x35	0,554	158	180	135
4x1,5	13,30	23	-	-
4x2,5	7,98	31	-	-
4x4	4,95	42	-	-
4x6	3,30	54	66	44
4x10	1,91	75	88	61
4x16	1,21	100	115	82
4x25	0,78	127	150	110
4x35	0,554	158	180	135
4x50	0,386	192	215	165
4x70	0,272	246	260	210
4x95	0,206	298	310	260
5x1,5	13,30	23	-	-
5x2,5	7,98	31	-	-
5x4	4,95	42	-	-
5x6	3,30	54	66	44
5x10	1,91	75	88	61
5x16	1,21	100	115	82
5x25	0,78	127	150	110
5x35	0,554	158	180	135
5x50	0,386	192	215	165

Anexo 8. Interruptor-Seccionador

Product data sheet Characteristics

28925

interruptor en carga seccionador InterPact
INS100 4P 100 A



Principal

Gama	Compact
Nombre del producto	Compact INSE
Tipo de producto o componente	Interruptor seccionador
Número de polos	4P
Tipo de red	DC AC
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ie] corriente asignada de empleo	AC-22A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 220/240 V AC-22A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 380/415 V AC-22A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 440/480 V AC-22A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 500 V AC-22A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 660/690 V AC-23A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 220/240 V AC-23A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 380/415 V AC-23A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 440/480 V AC-23A, estado 1 100 A AC 50/60 Hz 500 V AC-23A, estado 1 63 A AC 50/60 Hz 660/690 V DC-22A, estado 1 100 A DC 125 V 2 polos en serie DC-23A, estado 1 100 A DC 125 V 2 polos en serie DC-22A, estado 1 100 A DC 250 V 4 polos en serie DC-23A, estado 1 100 A DC 250 V 4 polos en serie
[Ui] tensión asignada de aislamiento	750 V AC 50/60 Hz
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	8 KV
[Ith] corriente térmica convencional	100 A en 60 °C
[Icm] capacidad nominal de cierre en cortocircuito	154 KA con interruptor automático aguas arriba 690 V AC en 50/60 Hz 20 KA solo interruptor-seccionador 690 V AC en 50/60 Hz
[Ue] tensión asignada de empleo	250 V DC 690 V AC 50/60 Hz
Apto para seccionamiento	SI
Indicador de posición del contacto	SI
Corte visible	No
Grado de contaminación	3

Complementario

Tipo de control	Mando rotativo
Color de la maneta	Rojo
Tipo de montaje	Fijo
Tipo de montaje	Placa Carril DIN
Conexión superior	Frontal

30/11/2021

Schneider
Electric

1

Conexión hacia abajo	Parte frontal
Potencia máxima	AC-23, estado 1 22 kW en 220/240 V AC 50/60 Hz AC-23, estado 1 45 kW en 380/415 V AC 50/60 Hz AC-23, estado 1 55 kW en 440 V AC 50/60 Hz AC-23, estado 1 55 kW en 500/525 V AC 50/60 Hz AC-23, estado 1 55 kW en 660/690 V AC 50/60 Hz
Servicio nominal	Ininterrumpido
Clase de servicio intermitente	Clase 120 - 60 %
Dimensiones del armario para	260 mm x 160 mm x 55 mm
[Icw] Corriente temporal admisible	0,01 KA durabilidad eléctrica 30 s acorde a valores instantáneos y de demanda 1,23 KA durabilidad eléctrica 20 s acorde a valores instantáneos y de demanda 3,175 KA durabilidad eléctrica 3 s acorde a valores instantáneos y de demanda 5,5 KA durabilidad eléctrica 1 s acorde a valores instantáneos y de demanda
Durabilidad mecánica	15000 Ciclos
Durabilidad eléctrica	AC-22A, estado 1 1500 Ciclos 220/240 V AC 50/60 Hz AC-22A, estado 1 1500 Ciclos 380/415 V AC 50/60 Hz AC-22A, estado 1 1500 Ciclos 440 V AC 50/60 Hz AC-22A, estado 1 1500 Ciclos 500 V AC 50/60 Hz AC-23A, estado 1 1500 Ciclos 220/240 V AC 50/60 Hz AC-23A, estado 1 1500 Ciclos 380/415 V AC 50/60 Hz AC-23A, estado 1 1500 Ciclos 440 V AC 50/60 Hz AC-23A, estado 1 1500 Ciclos 500 V AC 50/60 Hz DC-22A, estado 1 1500 Ciclos 250 V DC 4 polos en serie DC-23A, estado 1 1500 Ciclos 250 V DC 4 polos en serie AC-22A, estado 1 1500 Ciclos 690 V AC 50/60 Hz AC-23A, estado 1 1500 Ciclos 690 V AC 50/60 Hz
Paso de conexión	30 Mm
Altura	100 Mm
Ancho	135 Mm
Profundidad	62,5 Mm
Peso del producto	0,9 Kg

Entorno

Normas	Valores instantáneos y de demanda En > 40 A
Certificaciones de producto	CCC KEMA-KEUR
Grado de protección IP	IP40 acorde a Activar / desactivar Ig
Grado de protección IK	IK07 acorde a H
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-50...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de Unidad de Paquete 1	PCE
Número de Unidades en el Paquete 1	1
Paquete 1 Peso	1,141 Kg
Paquete 1 Altura	11,5 Cm
Paquete 1 ancho	13,5 Cm
Paquete 1 Largo	15,5 Cm
Tipo de Unidad de Paquete 2	S04
Número de Unidades en el Paquete 2	22
Paquete 2 Peso	26 Kg
Paquete 2 Altura	30 Cm
Paquete 2 Ancho	40 Cm
Paquete 2 Largo	60 Cm

Anexo 9. DPS.

DC Surge Protector SPD I2R Indoor DIN-Rail 100 Vdc,
Single-Mode, 40 kA MOV IEC 61643-1

1104-11-105
I2R SPV100 3-40



Features

- MOV Surge Protector
- Visual Suppression Status Indicator
- Dry Contact Remote Annunciation Terminals
- DIN-Rail Mount

Applications

- Industrial Automation
- Controls & Sense Loops
- Telecommunications Base Stations
- IT & Data Centers
- Wastewater Treatment
- Rail
- Oil & Gas
- LED Lighting

Description

DC surge protector (also known as SPD or lightning protector) 1104-11-105 from Transtector is an IEC 61643-1 DIN-Rail style SPD that utilizes state of the art MOV technology to protect critical equipment that operates on a 100 Vdc electrical service. This surge protector provides effective protection against electrical transient surges that are generated both by external lightning events and by internal switching events and supports long-term system reliability by safely shunting high amounts of transient energy while maintaining a very low clamping voltage. Transtector DC surge protectors are available in stock with same day shipping.

Electrical Specifications

Description	Minimum	Typical	Maximum	Units
Service Voltages		100		Vdc
Maximum Continuous Operating Voltage (MCOV)				
MCOV DC			130	Vdc

Surge Protection Specification

Description	Minimum	Typical	Maximum	Units
Surge Protection Technology		MOV		
Surge Protection Modes	Supply to RET, Supply to GND, RET to GND			
Response Time			25	ns
8/20µs Surge Current			40	kA
VPL 8/20µs L-G			1,200	Vpk
Nominal Discharge Surge Current (In)		20		kA

Click the following link (or enter part number in "SEARCH" on website) to obtain additional part information including price, inventory and certifications:
[DC Surge Protector SPD I2R Indoor DIN-Rail 100 Vdc, Single-Mode, 40 kA MOV IEC 61643-1 1104-11-105](#)

DC Surge Protector SPD I2R Indoor DIN-Rail 100 Vdc,
Single-Mode, 40 kA MOV IEC 61643-1

1104-11-105
I2R SPV100 3-40



Mechanical Specifications

Size		
Height	3.6 in	[91.44 mm]
Width	2.2 in	[55.88 mm]
Depth	2.7 in	[68.58 mm]
Weight	1 lbs	[453.59 g]
Housing Material and Plating	PA66	

Environmental Specifications

Temperature	
Operating Range	-40 to +70 deg C
Storage Range	-40 to +70 deg C
Environmental Protection (IP) Rating	IP20
Humidity	95% non-condensing

Installation

Mount Type	DIN-Rail
Service Wiring Terminal	
Screw Clamp Terminal	#6 AWG Stranded
Service Terminal Wire 2	#4 AWG Solid
Status Indication Terminal	
3-Position Screw Terminal	#22 to #16 AWG

Compliance Certifications

RoHS Compliant	Yes
Certifications	IEC 61643-1

Transtector Systems specializes in protection of highly sensitive, low voltage equipment through its patented, non-degrading silicon diode technology and custom filters. Our power quality expertise translates into a diverse product offering including AC, DC, and signal applications as well as integrated cabinets, power distribution panels and EMP hardened devices.

Click the following link (or enter part number in "SEARCH" on website) to obtain additional part information including price, inventory and certifications: [DC Surge Protector SPD I2R Indoor DIN-Rail 100 Vdc, Single-Mode, 40 kA MOV IEC 61643-1 1104-11-105](#)

URL: <https://www.transtector.com/dc-surge-protector-spd-i2r-indoor-din-1104-11-105-p.aspx>

The information contained in this document is accurate to the best of our knowledge and representative of the part described herein. It may be necessary to make modifications to the part and/or the documentation of the part, in order to implement improvements. Transtector reserves the right to make such changes

Click the following link (or enter part number in "SEARCH" on website) to obtain additional part information including price, inventory and certifications: [DC Surge Protector SPD I2R Indoor DIN-Rail 100 Vdc, Single-Mode, 40 kA MOV IEC 61643-1 1104-11-105](#)

Anexo 10. Interruptor termomagnético.

DC Surge Protector SPD I2R Indoor DIN-Rail 100 Vdc,
Single-Mode, 40 kA MOV IEC 61643-1

1104-11-105
I2R SPV100 3-40



Features

- MOV Surge Protector
- Visual Suppression Status Indicator
- Dry Contact Remote Annunciation Terminals
- DIN-Rail Mount

Applications

- Industrial Automation
- Controls & Sense Loops
- Telecommunications Base Stations
- IT & Data Centers
- Wastewater Treatment
- Rail
- Oil & Gas
- LED Lighting

Description

DC surge protector (also known as SPD or lightning protector) 1104-11-105 from Transactor is an IEC 61643-1 DIN-Rail style SPD that utilizes state of the art MOV technology to protect critical equipment that operates on a 100 Vdc electrical service. This surge protector provides effective protection against electrical transient surges that are generated both by external lightning events and by internal switching events and supports long-term system reliability by safely shunting high amounts of transient energy while maintaining a very low clamping voltage. Transactor DC surge protectors are available in stock with same day shipping.

Electrical Specifications

Description	Minimum	Typical	Maximum	Units
Service Voltages		100		Vdc
Maximum Continuous Operating Voltage (MCOV)				
MCOV DC			130	Vdc

Surge Protection Specification

Description	Minimum	Typical	Maximum	Units
Surge Protection Technology		MOV		
Surge Protection Modes	Supply to RET, Supply to GND, RET to GND			
Response Time			25	ns
8/20µs Surge Current			40	kA
VPL 8/20µs L-G			1,200	Vpk
Nominal Discharge Surge Current (In)		20		kA

Click the following link (or enter part number in "SEARCH" on website) to obtain additional part information including price, inventory and certifications:
DC Surge Protector SPD I2R Indoor DIN-Rail 100 Vdc, Single-Mode, 40 kA MOV IEC 61643-1 1104-11-105

SH202-C25



Miniature Circuit Breaker - SH200 - 2P - C - 25 ampere

General Information

Extended Product Type	SH202-C25
Product ID	2CDS212001R0254
EAN	4016779631143
Catalog Description	Miniature Circuit Breaker - SH200 - 2P - C - 25 ampere

Long Description

Compact Home SH200 miniature circuit breakers are current limiting. They have two different tripping mechanisms, the delayed thermal tripping mechanism for overload protection and the electro-mechanic tripping mechanism for short circuit protection. They are available in different characteristics (B,C), configurations (1P, 1P+N, 2P, 3P, 3P+N, 4P), breaking capacities (up to 6 kA at 230/400 V AC) and rated currents (up to 40 A). All MCBs of the product range SH200 comply with IEC/EN 60898-1, allowing the use for residential applications.

Ordering

Minimum Order Quantity	1 piece
Customs Tariff Number	85362010

Popular Downloads

Data Sheet, Technical Information	2CSC400030D0202
Instructions and Manuals	Printed on packaging

Dimensions

Product Net Width	35 mm
Product Net Depth / Length	69 mm
Product Net Height	85 mm
Product Net Weight	0.25 kg

Technical

Standards	IEC/EN 60898-1
Number of Poles	2
Tripping Characteristic	C
Rated Current (I _n)	25 A
Rated Operational Voltage	acc. to IEC 60898-1 400 V AC
Power Loss	6.4 W at Rated Operating Conditions per Pole 3.2 W

Anexo 11. Estructura metálica para módulos fotovoltaicos.

Soporte coplanar continuo fijación a correas para cubierta metálica

Se recomienda usar un tornillo autotaladrante punta broca máx. M8 y arandela de sellado

Válido para:

- Todo tipo de cubiertas metálicas.
- Anclaje a correas.
- En disposición horizontal válido para módulos de ancho especial.

Disponibilidad de fuerzas antirrobo.
Material 100% reciclable.
Cómoda instalación.

Perfil compatible: G1

EPDM

1650/2000x1000

Viento	150 km/h
MATERIALES	Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6
TORNILLERÍA	Tornillería acero inoxidable A2-70

-Comprobar el buen estado de la cubierta y la capacidad portante de la misma.
-Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada

Para más información consultar

- Comprobar el buen estado de la cubierta y la capacidad portante de la misma.
- Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada
- Distribuir los módulos para que su colocación sea simétrica a lo largo del soporte y dejando los sobrantes en los extremos.
- Los presores no se deben apretar con máquinas de impacto.

Herramientas necesarias: