

**SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA OFF GRID PARA
GRANJA DE PRODUCCIÓN AVÍCOLA EN LA VEREDA DE SAN
EDUARDO, MAGDALENA.**

Autor

KEVIN ANDRÉS GUERRERO ZAMBRANO

Director

Ph.D. GAN ACOSTA ANTONIO

Ingeniero Eléctrico

**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, JUNIO 2022**

DEDICATORIA

Al Gran Creador de los cielos y la tierra, hacedor absoluto.

A Elizabeth y Marcelino, gracias en la eternidad, por brindarme su amor.

A mis hermanas y hermanos por el apoyo brindado, en especial a Jack y

Daya por sus enseñanzas.

A Wendy Baeza por su amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me da fortaleza y sabiduría.

A mi madre por su amor absoluto.

A mi padre por ser esa persona incondicional,
por contemplar tan grande sabiduría.

Antonio Gan por apoyarme en este proyecto y
orientarme en esta nueva etapa profesional.

Andrés Villabona, Julián Aguirre, Francisco González, Ever Rubiano

Y José Contreras que compartieron esta etapa de mi vida.

A cada una de esas personas que me motivaron
a salir adelante en momentos de adversidad.

Contenido

INTRODUCCIÓN	12
CAPITULO I	13
1.1 Planteamiento del problema y justificación	13
1.1.1 Antecedentes.....	14
1.1.2 Objetivos.....	18
1.1.2.1 Objetivo general	18
1.1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.2 Acotaciones	19
1.3 legislación y normatividad en sistemas de energía renovable	20
1.3.1 Legislación.....	20
1.3.2 Incentivos Tributarios.....	20
1.4 impacto ambiental	22
1.4.1 Identificación de aspectos e impactos ambientales	23
1.4.2 Cuantificación de impacto ambientales	23
1.4.3 Metodología de evaluación de impactos.....	27
1.4.4 Definición de vulnerabilidad	28
1.4.5 Cuantificación y calificación de impactos ambientales	29
1.5 Impacto social	32
1.6 marco legal	33
CAPITULO II	35
2.1 MARCO REFERENCIAL.....	35
2.1.1 Descripción y ubicación geográfica:	35
2.1.2 Radiación solar en Colombia	36
2.2 MARCO TEÓRICO	38
2.2.1 Energía solar	38
2.2.2 Energía fotovoltaica	38
2.2.3 Celdas solares fotovoltaicas	39
2.2.3.1 Temperatura de celda.....	39
2.2.3.1 Estructura de una celda solar	40
2.2.3.1.1 Semiconductor	40
2.2.3.1.2 Banda prohibida o banda gap	42
2.2.3.1.3 Conducción intrínseca y dopaje	43
2.2.4 Módulos fotovoltaicos	44
2.2.4.1 Corrección por temperatura a la característica del panel FV	44

2.2.4.2 Cantidad de paneles FV	45
2.2.4.3 Numero de paneles FV en serie	45
2.2.4.4 Numero de paneles FV en paralelo:	45
2.2.4.1 Estructura de un módulo fotovoltaico	46
2.2.5 Controlador de carga	48
2.2.6 Baterías	49
2.2.7 Inversor	50
2.2.8 Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica	52
2.2.9 Tipos de sistemas fotovoltaicos	53
2.2.10 Demanda energética	54
2.2.11 Ángulo de inclinación óptimo	54
2.2.12 Rendimiento global de la instalación	54
2.2.13 Selección de la tensión del sistema	56
2.2.14 Potencia del generador	56
CAPITULO III	58
6. Metodología	58
6.1 Definir la ubicación geográfica	59
6.2 Datos meteorológicos	59
6.4 Software PVsyst	59
6.5 Diseño del sistema FV en AutoCAD	59
6.5.1 Distancia de sombra	60
7. Resultado	61
7.1 Datos meteorológicos	61
7.2 Cuadros de cargas	63
7.3 Ángulo Óptimo	68
7.4 Rendimiento de la instalación	69
7.5 Potencia del generador	69
7.6 Temperatura de trabajo de la celda	70
7.7 Número de paneles	71
7.7.1 Número de paneles FV en serie	71
7.7.2 Número de panel FV en paralelo	71
7.8 Potencia real del generador FV	71
7.9 Software PVsyst	72
8. Diseño de sistema FV en AutoCAD	83
Conclusiones	86

Recomendaciones.....	87
Bibliografía	88
ANEXOS.....	93

Tabla de contenido de gráficas

Gráfica 1 Diagrama de impacto social Fuente: Autor.....	33
Gráfica 2 Metodología de desarrollo. Fuente: Autor.....	58
Gráfica 3 Tabla solar Fuente: Univ. Of Oregón SRML fecha de consulta 2022	60
Gráfica 4 Niveles mensuales de irradiación horizontal global en Vereda de San Eduardo, Magdalena. Fuente: NASA 2022.	61
Gráfica 5 Niveles térmicos mensual en la vereda de San Eduardo, Magdalena. Fuente: NASA (2022).	62
Gráfica 6 Días nublados por semana. Fuente: NASA (2022).	62
Gráfica 7 Consumo energético por horas Fuente: Autor	68
Gráfica 8 Niveles mensuales de irradiación horizontal global en Vereda de San Eduardo, Magdalena. Fuente Meteonorm 2022	72
Gráfica 9 Angulo óptimo. Fuente: Guerrero Zambrano (2022).	75
Gráfica 10 Necesidades de usuario: Perfil diario, constante durante el año. Fuente: PVsyst 2022.	76

Tabla de contenido de ilustraciones

Ilustración 1 Marco normativo y autoridades competente, Fuente: “Ministerio de Minas y Energía” UPME, U. (2014). Modificado por Guerrero Zambrano (2022).....	21
Ilustración 2. Vista aérea de la granja. Fuente Google Earth, modificado por Guerrero Zambrano (2021)	35
Ilustración 3. Mapa de la irradiancia en Colombia. Fuente: IDEAM 2014	36
Ilustración 4. Celda solar fotovoltaica. Fuente: Mr. Watt 2021.	39
Ilustración 5. Celda solar Fuente Castejón & Santamaria Pag.27 (2010).	40
Ilustración 6 Banda prohibida. Fuente: Pereda (2005).	43
Ilustración 7 Estructura de un módulo fotovoltaico. Fuente: Rodríguez 2021.	46
Ilustración 8 Conexión de las células en un módulo fotovoltaico de silicio monocristalino, se indica el sentido de circulación de la corriente. Fuente: Castejón & Santamaria Pag.29 (2010).	47
Ilustración 9 Algoritmo de carga de tres etapas. Fuente: Diseño de un controlador de carga de tres etapas para sistemas fotovoltaicos usando lógica difusa. Pacheco 2019.	49
Ilustración 10 Batería. Fuente: (https://www.generatuluz.com/wp-content/uploads/2018/04/Esquema-Powery-bater%C3%ADa-de-Gel-12v-18Ah-300x282.jpg)	50
Ilustración 11 Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico autónomo Fuente: Instalaciones solares fotovoltaica Agustín Cantejón & German Santamaria 2010... 51	51
Ilustración 12 Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico conectado a la red. Fuente: Instalaciones solares fotovoltaica Agustín Cantejón & German Santamaria 2010.	52
Ilustración 13. Sistema fotovoltaico aislado fuente: Cenit Solar - Proyectos e instalaciones energéticas 2022	53
Ilustración 14 Datos iniciales del software PVsyst. Fuente: Guerrero 2022.	73
Ilustración 15. Radiación horizontal global año a año de la zona. Fuente: Meteonorm 2022.	73
Ilustración 16 Ángulo de inclinación. Fuente: PVsyst (2022).....	74
Ilustración 17 Selección de perfil de carga para la necesidad del usuario. Fuente: PVsyst 2022.	75
Ilustración 18 Necesidades de usuario: Perfil diario, constante durante el año. Fuente: PVsyst 2022.	76
Ilustración 19 definición de parámetros iniciales del sistema. Fuente: PVsyst 2022.77	77
Ilustración 20 Selección de módulos FV y controlador de carga. Fuente: PVsyst 2022.	77
Ilustración 21 Característica del módulo FV. Fuente: https://www.solaire.com.co/wp-content	78

Ilustración 22 Ficha Técnica del Controlador Carga Solar 40A PWM 12/24VDC AllPowers. Fuente: https://autosolar.co/controladores-de-carga-mppt/controlador-carga-smartsolar-mppt-150100-tr-victron-energy .	79
Ilustración 23 Selección de la batería. Fuente: PVsyst.	79
Ilustración 24 Ficha técnica del inversor. Fuente: solartex.	80
Ilustración 25 Ficha técnica de batería estacionaria Ultracell. Fuente: https://autosolar.co/baterias-estacionarias/bateria-estacionaria-1350ah-2v-opzv-ultracell-uzv1350-2 .	81
Ilustración 26 Distancia entre cadenas. Fuente: Autor.	82

Tabla de contenido de tablas

Tabla 1 Incentivos previstos en Ley 1715 Fuente: (UPME, U. 2014).	21
Tabla 2 Identificación de aspectos ambientales Fuente: Autor	23
Tabla 3 Cuantificación de impactos ambientales Fuente: Autor	25
Tabla 4 Variables de evaluación de impacto ambiental Fuente: Autor	27
Tabla 5 Tipos de vulnerabilidad Fuente: Autor	29
Tabla 6 Calificación y cuantificación de impacto ambiental en la etapa de implementación Fuente: Autor	30
Tabla 7 Calificación y cuantificación de impacto ambiental en la etapa de ejecución Fuente: Autor	31
Tabla 8 Normativa con su descripción.	33
Tabla 9. Tipos de celdas solares.	41
Tabla 10. Rendimiento global de la instalación Fuente: Libro configuración de instalaciones solares fotovoltaicas, cálculo de consumo real pág.86.	55
Tabla 11. Selección de la tensión del sistema	56
Tabla 12. Datos de irradiación horizontal global	61
Tabla 13. Cuadro de carga para la casa	63
Tabla 14 . Cuadro de carga para galpones	64
Tabla 15. Cuadro de cargas para cuarto de máquinas.	64
Tabla 16 Consumo energético por horas Fuente: Autor	65
Tabla 17 variables de la ecuación rendimiento global de la instalación.	69
Tabla 18 ficha técnica del módulo FV	70
Tabla 19 corrección por temperatura a la característica del panel FV	70
Tabla 20 Calibre de conductores Fuente: Autor	82
Tabla 21 Distancia de sombra. Fuente: Autor.	82
Tabla 22 Análisis de precio a dispositivos principales.	85

Resumen

El presente proyecto pretende realizar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico no conectado a la red externa (tipo off-grid) e incluyendo el diseño de la red interna, para el suministro de energía eléctrica a una granja de producción avícola ubicada en la vereda de San Eduardo del municipio de El Banco Magdalena. Para ello, se ha remitido a la consulta de fuentes bibliográficas con el fin de determinar la mejor opción referente al diseño del sistema, teniendo en cuenta las características propias de la zona, el diseño final demandara una potencia de 93.568,33 Wh/día.

Con el propósito de mejorar el fluido eléctrico, la eficiencia, y la producción de los procesos llevados a cabo en la granja.

Se realizará un análisis de datos históricos del recurso solar con el fin de determinar el nivel de irradiación del lugar, como también el análisis de identificación de componentes para implementar el método y diseñar el sistema eléctrico.

Palabras clave: Irradiancia, radiación solar, energía renovable, instalaciones fotovoltaicas y fluido eléctrico.

Abstract

This project aims to carry out the dimensioning of a photovoltaic system for the supply of electrical energy to a poultry farm located in the countryside of San Eduardo in the municipality of El Banco Magdalena.

To do this, it has been resorted to the consultation of bibliographic sources in order to make a design based on the best option regarding the design of the system, taking into account the characteristics of the area.

For the purpose of improving the electrical fluid, and thereby the efficiency, the output and the production of the projects carried out on the farm, it is intended to analyze the historical data of the solar resource in order to determine the level of irradiance of the place, as well as the analysis of the identification of components to implement the method and in such a way, to design the electrical system.

Key words: Irradiance, solar radiation, renewable energy, photovoltaic installations and electric fluid.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la humanidad se enfrenta a uno de sus mayores retos en cuanto al cambio climático se refiere. Es por eso que las empresas están invirtiendo en este ámbito de energías renovables con el fin de mejorar no solo la economía sino para realizar un aporte ambiental y sostenible.

La principal fuente de energía en Colombia es a partir de la hidráulica, la cual es una energía de tipo convencional que se ha adaptado por décadas al sistema de generación debido a que este es uno de los países con mayor fuente de recurso hídrico. Pero existen alternativas como la energía fotovoltaica que se caracteriza por la sostenibilidad, la reducción de emisiones atmosféricas y su aporte positivo al impacto medio ambiental.

Es importante que proyectos como este se efectúen en zonas donde las condiciones climáticas son favorables y los niveles de irradiancia son altos ya que ayudan a optimizar la implementación de los mismos. Leyes como la 1715, que tiene por objeto promulgar el desarrollo y utilización de fuentes no convencionales de energía, priorizando aquellas de carácter renovable donde se establece un desarrollo económico sostenible y amigable con el medio ambiente. Es por esto, que en este proyecto se pretende realizar un diseño fotovoltaico OFF GRID con el fin de realizar un aporte ambiental y sostenible en una zona como lo es Magdalena Medio la cual presenta un porcentaje bajo de inversión en este tipo de energía.

Con este diseño se le apuesta a un cambio sostenible para una granja de producción avícola, donde se pretende optimizar el proceso de producción de las actividades propias de la misma, ya que el actual suministro de energía es deficiente en cuanto a la prestación del servicio por parte de la entidad según lo establecido en la resolución CREG-017 de la comisión de regulación de energía y gas.

CAPITULO I

1.1 Planteamiento del problema y justificación

La vereda de San Eduardo del municipio de El Banco Magdalena cuenta con un servicio de energía inestable por parte del operador de red (OR), con largos periodos de interrupciones que sobrepasan el valor establecido por la resolución CREG 070 del 28 de mayo de 1998 que imposibilitan el buen funcionamiento de la granja, no solo afectando su producción si no también causado daño a sus equipos.

En la granja se llevan a cabo proyectos de incubación los cuales necesitan un suministro de energía sin interrupciones que mantenga la temperatura de calor constante para que el proceso de desarrollo de los embriones se realice con éxito, mejorando la eficiencia en la productividad.

Este proyecto se desarrolla con en el fin de suplir las falencias del servicio eléctrico y hacer un aporte de energía limpia, solucionando las pérdidas de máquinas que depende de este sistema, mejorando la calidad del producto, la producción, dando cabida a más proyectos que se puedan desarrollar a partir de este y lo más importante es el aporte ambiental, y la innovación en la zona el cual beneficiara a las familias dependientes del mismo.

1.1.1 Antecedentes

A continuación, se encuentran algunos estudios de investigación sobre la temática del presente trabajo de grado. Estos fueron elegidos teniendo en cuenta las diferentes metodologías que existen para realizar un diseño fotovoltaico.

Pérez y Rodríguez (2019) En su investigación de Instalación de una Central Fotovoltaica en un Centro de Salud del municipio de Mamibe barrio 5, Republica de Angola, África. El cual influencia de forma positiva y significativa el desarrollo y el mejoramiento de los habitantes del lugar, indicando que la calidad de la energía de los centros de salud es crítica ya que no cumple en mayor proporción las necesidades del mismo, en constancia este déficit da paso a la aplicación de energías renovables. Para este caso la instalación era tipo autónoma; quiere decir que produce electricidad sin ningún tipo de conexión con la red eléctrica abasteciendo un área de 4190 m² que consume la energía suministrada por la red pública. Para el dimensionamiento de la central se tuvo en cuenta los kWh consumidos de cada equipamiento presente en el hospital, lo cual se obtuvo a partir de un levantamiento eléctrico. Para el estudio del potencial solar de Angola fueron recogidos y analizados los datos de radiación global de 8 estaciones meteorológicas disponibles por el Word Radiation Data Center (WRDC), y complementados con la información de 4 estaciones de medición en la provincia de Namibe el Ministerio de Energía y Agua (MINEA).

Así mismo, Villacrés & Suárez (2011). Llevaron a cabo un estudio de factibilidad para instalación de paneles fotovoltaicos en la residencia estudiantil de la universidad de GRANMA, Ecuador. Realizaron el diseño de un sistema FV desconectado de la red, iniciando por realizar un estudio para determinar los datos de potencia, cargas y voltaje. Tuvieron en cuenta el dominio calorífico de la zona para realizar el estudio de factibilidad, determinando que la radiación solar en el territorio estaba en un valor medio de más de 5Kw-h/m²*día. Hicieron un análisis de indicadores teniendo en cuenta el consumo de todos los equipos que incidían sobre la carga de la universidad, incluyendo la residencia estudiantil para poder establecer el lugar y área de disposición de los paneles fotovoltaicos.

Jhonathan Iza (2020), en el estudio de diseño de una central fotovoltaica para el abastecimiento de energía del campus de la escuela politécnica nacional en Quito,

Ecuador. Este diseño consiste en realizar un parque de generación FV de tipo parqueadero, llegando a la conclusión de factibilidad de la instalación de 4 parqueaderos solares en la red de distribución eléctrica de la Escuela de 115, 65, 55, y 80 kW. Además, se realiza el diseño del sistema solar del parqueadero con capacidad de 115 kW situado cerca de la Facultad de Ingeniería. En conclusión, se afirma que el sistema este compuesto por 441 paneles solares de 315 Wp-60 celdas monocristalino con una configuración serie/paralelo. El estudio del impacto de la generación FV en la red, la generación fotovoltaica permite una disminución de consumo de un rango del (20-30) % de la energía que se necesita para el sistema de distribución, favoreciendo el ahorro económico y energético del sistema. De igual manera, la conexión de los cuatro parqueaderos solares representa un beneficio de los transformadores y en el control de voltaje de las instalaciones.

Gámez, Pérez, Vélez & Saltos (2018) en el estudio de mejora de la calidad de la energía con sistemas FV en las zonas rurales en la comunidad Playa Prieta, de la parroquia rural Rio chico, cantón Portoviejo, provincia Manabí, república del Ecuador. Implementaron un proyecto de sistema de energía eléctrica fotovoltaica donde optimizaron el suministro eléctrico y redujeron las pérdidas del mismo, con el fin de reemplace de manera parcial el sistema de energía que ofrece el servicio público. En la zona de estudio existe la posibilidad de trabajar con energía alternativa como lo son la solar y la eólica, pero se determinó según un estudio de eficiencia que el sistema fotovoltaico supliría en un 40% el consumo de los pobladores en horas diurnas. Por ende, el módulo a utilizar es libre para cada vivienda con una totalidad de 10 paneles de 180 Wp policristalino. En conclusión, la implementación de este sistema disminuye los gases contaminantes provenientes de la energía convencional y el factor económico por parte de los usuarios favorecidos por el propósito.

José Bardales (2016) en su tesis de investigación “estudio de factibilidad para suministrar energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico en el centro poblado de Shugun región Amazonas”, se realizó para 41 viviendas, teniendo en cuenta datos como el consumo de energía y radiación solar. El estudio consiste en realizar la viabilidad de implementación de un diseño de generador conformado por 54 paneles fotovoltaicos de 300Wp, para suministrar una población de 400 habitantes. Es importante resaltar que el diseño no es tipo experimental, por ende, se recolectaron datos y se evaluaron de forma analítica para determinar el planteamiento del trabajo

que es transversal y descriptivo. Al realizar el análisis económico con los indicadores VAN y TIR se establecieron resultados negativos, concluyendo que el proyecto es no factible económicamente.

Por otra parte Fabio Acevedo (2016) realizó un diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios”, Bogotá D.C, en esta tesis se tenían una radiación mínima solar captada por los paneles inclinados 15° , en proporción de la horizontal, y dirigidos hacia la línea del ecuador, sucede el mes de junio y tiene un valor de 4,05 kWh/m² y se determina que el sistema operará de forma eficiente durante cualquier día del año con dieciséis paneles de 145 W, seis baterías de 220 Ah a doce Vdc.

Alexis Mercado (2021) En el estudio denominado Informe de prácticas profesionales y análisis costo beneficio de la implementación de un sistema solar fotovoltaico en el bloque dos de la universidad cooperativa de Colombia seccional Santa Marta. Tiene como objeto determinar el potencial energético, evaluar la viabilidad ambiental del proyecto, determinar los costos y beneficios económicos del mismo. Este proyecto busca aprovechar el potencial energético renovable que tiene la universidad como su posición geográfica (al estar cerca de la línea ecuatorial), el número de horas y radiación solar promedio es de 1944 horas de sol al año (Portal Web Eficiencia Solar en Colombia). Indicando un gran porcentaje de horas sol y la radiación recibida que favorece en gran disponibilidad al recurso solar (Portal Web viva solar), además estaría dando cumplimiento al objetivo del subprograma de ahorro y uso eficiente de energía “Implementar estrategias que permitan reducir la huella de carbono y los impactos generados a través del consumo de energía generando una cultura de ahorro, uso y cuidado del recurso energético.

De acuerdo con, Rodríguez Salazar. y Limas Bohórquez (2020). En su trabajo implementa un alumbrado público alimentado con energía fotovoltaica en la entrada del municipio de Santa Ana, Magdalena primer kilómetro (1 km) de la vía Santa Ana”, con un presupuesto de 113.310.000 COP. El beneficio de la implementación de las luminarias LED importante, ya que en su poco tiempo de vida ha demostrado que es mucho mejor que las iluminarias tradicionales en cuanto a consumo, potencia y vida útil. El proyecto en sí no tiene mayor impacto ambiental, es más busca contribuir de manera positiva en este aspecto, pero no queda exento que en su realización

contribuye al deterioro ambiental, los impactos ambientales generados en los procesos de construcción de los paneles.

1.1.2 Objetivos

1.1.2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema fotovoltaico con la capacidad de proveer el cien por ciento de la energía del funcionamiento de la granja de producción avícola para una potencia de 93.568,33 Wh/día.

1.1.2.2 Objetivos específicos

- Definir requerimientos y tecnologías para el sistema de energía fotovoltaica off grid de la granja de producción avícola.
- Diseñar un sistema fotovoltaico con la ayuda del programa PVSyst
- Diseñar el sistema eléctrico de la granja de producción avícola en AutoCAD.

1.2 Acotaciones

Dentro de la realización del diseño; se presentaron limitaciones en cuanto a los datos meteorológicos ya que la zona de estudio no cuenta con un amplio cubrimiento por parte de las entidades encargadas del monitoreo de estas variables.

En cuanto al desarrollo del mismo es importante resaltar que las bases de datos de ecuaciones de diseño son pocas, limitadas y poco confiables; por ende, fue necesario realizar una exhaustiva investigación para llevar a cabo la finalidad del trabajo.

1.3 legislación y normatividad en sistemas de energía renovable

1.3.1 Legislación

En octubre de 2001 entro en vigencia la LEY 697 DE 2001 mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas, esta ley dejo de funcionar hasta mayo de 2014 ya que se encontraba desactualizada, porque centraba sus esfuerzos en proyectos a gran escala y no apoyaba el desarrollo de proyectos de autoconsumo para usuarios comunes. A partir de mayo de 2014, fue aprobada en el Congreso de la República de Colombia la LEY 1715 DE 2014 tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes de energía renovables no convencionales de Energía en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las Zonas no interconectadas, así como también en distintos usos que contribuyen al desarrollo de económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético.

1.3.2 Incentivos Tributarios

La ley 1715 de 2014 tiene por objeto alternar el sistema energético vigente, invirtiendo en energía renovables, para la disminución de los gases de efecto invernadero e incitando la economía y facultando los decretos que desarrolla los incentivos establecidos en la ley, el marco normativo propone orientar las políticas públicas e incentivar la penetración de las fuentes no convencionales de energía (FN CER), y aumentar la inversión, la investigación y el desarrollo. (Ley 1715, 2014, Art. 1)

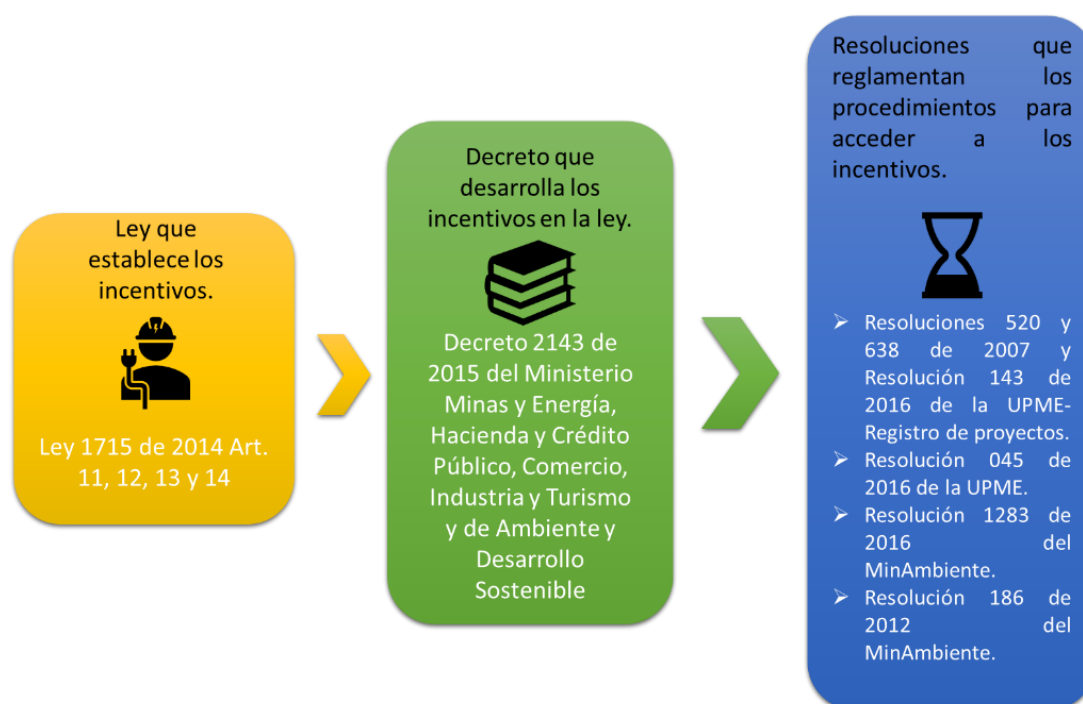


Ilustración 1 Marco normativo y autoridades competente, Fuente: “Ministerio de Minas y Energía” UPME, U. (2014). Modificado por Guerrero Zambrano (2022).

En la siguiente tabla se observa una descripción general de cada uno de los incentivos previstos en ley 1715.

Tabla 1 Incentivos previstos en Ley 1715 Fuente: (UPME, U. 2014).

BENEFICIOS	DESCRIPCIÓN GENERAL
Deducción especial en la determinación del impuesto sobre la renta - Artículo 11 de la Ley 1715 de 2014. - Artículo 2.2.3.8.2.1. y siguientes del Decreto 2143 de 2015 (incorporado al Decreto 1073 de 2015).	Los contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta que realicen directamente nuevas erogaciones en investigación, desarrollo e inversión para la producción y utilización de energía a partir FNCE o gestión eficiente de la energía, tendrán derecho a deducir hasta el 50% del valor de las inversiones. El valor a deducir anualmente no puede ser superior al 50% de la renta líquida del contribuyente.
Depreciación acelerada. - Artículo 14 de la Ley 1715 de 2014. - Artículo 2.2.3.8.5.1. del Decreto 2143 de 2015 (incorporado al Decreto 1073 de 2015).	Gasto que la ley permite que sea deducible al momento de declarar el impuesto sobre la renta, por una proporción del valor del activo que no puede superar el 20% anual.

Exclusión de bienes y servicios de IVA.		Por la compra de bienes y servicios, equipos, maquinaria, elementos y/o servicios nacionales o importados.
I.	Artículo 12 de la Ley 1715 de 2014.	
II.	Artículo 2.2.3.8.3.1. del Decreto 2143 de 2015 (incorporado al Decreto 1073 de 2015).	
III.	Ley 1715 art. 12, Decreto 2143 Artículo 2.2.3.8.3.1.	
Exención de gravámenes arancelarios.		Exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre inversión y de inversión de proyectos con FNCE.
I.	Ley 1715 art. 13, Decreto 2143 de 2015 Arts. 2.2.3.8.4.1.	

1.4 impacto ambiental

La implementación de una energía renovable favorece al cuidado del medio ambiente porque las emisiones que se producen son bajas o casi nulas, pero de igual manera es responsabilidad del usuario evaluar los impactos que conllevan la implementación y ejecución del mismo.

En primera instancia se deben tener en cuenta las actividades que pueden desarrollarse en el transcurso de estas dos etapas, como lo son:

- ✓ Tala de árboles, desmonte de cobertura vegetal y disposición de residuos
- ✓ Adecuación del área e instalación cerco perimetral
- ✓ Construcción cimientos, bases, cuarto eléctrico
- ✓ Montaje e instalación de paneles, cableados y baterías.
- ✓ Poner en funcionamiento el sistema de energía fotovoltaico
- ✓ Mantenimiento preventivo y correctivo
- ✓ Disposición final de material de desecho eléctrico.
- ✓ Mantenimiento de equipos eléctricos.

1.4.1 Identificación de aspectos e impactos ambientales

Tabla 2 Identificación de aspectos ambientales Fuente: Autor

Tipo de recurso	Aspecto	Impacto
Hídrico	Limpieza y mantenimiento de módulos	Uso y desecho de agua contaminada.
Suelo	Talar y /o trasplantar arboles	Cambio de las características físicas y químicas del suelo.
Atmosfera	Emisión baja	Liberación o producción de gases contaminantes
Fauna y flora	Cambio del ecosistema	Migración de especies y destrucción de flora
Humano	Mantenimiento preventivo y correctivo	Riesgo físico por lesiones personales, riesgo biológico por picadura se animales (serpientes, avispa y otros animales venenosos) y riesgos por COVID-19.

1.4.2 Cuantificación de impacto ambientales

En la tabla se observa el análisis de los procesos que se llevan a cabo en las etapas de implementación y ejecución en una planta solar fotovoltaica. Donde, se identifican los impactos que puede causar a los diferentes tipos de recurso que tenemos en el medio como lo son:

Hídrico: En la zona de estudio no hay fuentes hídricas aledañas por ende no existe la posibilidad de que por escorrentía superficial pueda afectar en cuerpo de agua.

Suelo: En el área a implantar el suelo recibirá alteraciones físicas y químicas ya que los equipos serán ubicados o instalados en una zona bosque nativo.

Atmosfera: Las emisiones que se pueden producir en la etapa de ejecución son mínimas, pero de igual manera se realiza un análisis para medir su impacto.

Fauna y flora: Al tratarse de un bosque nativo, donde no se ha hecho alteraciones por el hombre, la cantidad de especies son innumerables por ende la implementación y ejecución causarán la migración y de las mismas.

Humano: Los profesionales con conocimiento en redes eléctricas, energías renovables, construcción y mantenimientos de la misma estarán expuestos a riesgos eléctricos, físicos y biológicos.

Tabla 3 Cuantificación de impactos ambientales Fuente: Autor

Medio	Tipo de recurso	Impacto	Etapa de implementación					Etapa de ejecución		
			Tala de árboles, desmonte de cobertura vegetal y disposición de residuos	Adecuación del área e instalación cerco perimetral	Construcción cimientos, bases, cuarto eléctrico	Montaje e instalación de paneles, cableados y baterías.	Disposición final de material de desecho eléctrico	Poner en funcionamiento el sistema de energía fotovoltaico	Mantenimiento preventivo y correctivo	Mantenimiento de equipos eléctricos
Físico	Hídrico	Escorrentía y riego de agua residual industrial por lavado de paneles.							x	x
	Suelo	Cambios y alteraciones en el uso del suelo	x	x	X	x	x			
	Atmosfera	Emisiones bajas de gases, contaminación atmosférica			X			x		
	Fauna y flora	Migración o desplazamiento de especies y destrucción de flora	x	x	X	x	x	x	x	x

	Humano	Riesgo físico por lesiones personales, riesgo biológico por picadura de animales (serpientes, avispas y otros animales venenosos) y riesgos por COVID-19.	x	x	X	x	x	x	x	x
--	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1.4.3 Metodología de evaluación de impactos

La metodología a implementar es la matriz de importancia de impactos, donde se obtiene una valorización del efecto que causa cada actividad en las diferentes etapas y se evalúa de manera cuantitativa los componentes involucrados.

A partir de este análisis se pueden tomar acciones de mitigación de impactos que ayudan a disipar daños ecosistémicos, en esta metodología se utilizan variables como lo son la naturaleza (N), intensidad (IN), persistencia (IN), recuperabilidad (RV), efecto, reversibilidad.

En la tabla 4, se pueden observar las variables que intervienen en el transcurso de la evaluación de impacto ambiental para cada actividad que se realiza en las diferentes etapas del proyecto, también se explica en que consiste cada variable y el proceso de evaluación de la misma.

Tabla 4 Variables de evaluación de impacto ambiental Fuente: Autor

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN	VALOR
Naturaleza (N)	El signo hace alusión al carácter benéfico (+) positivo y (-) negativo	Positivo	(+)
		Negativo	(-)
Intensidad (IN)	Grado de incidencia sobre el factor	Baja	1
		Media	2
		Alta	4
Persistencia (PE)	Tiempo de permanencia del efecto desde que inicia su aparición.	Fugaz (< 1 año)	1
		Temporal (1-10 años)	2
		Permanente (>10 años)	4
Recuperabilidad (RV)	Posibilidad de recuperación total o parcial de la zona afectada.	Corto plazo (1año)	1
		Medio plazo (1-10 años)	2
		Irreversible (> 10 años)	4

Efecto(EF)	Relación causa efecto	Indirecto	1
		Directo	4
Reversibilidad (RV)	Capacidad de algo que se puede revertir	Recuperable de forma inmediata	1
		Recuperable a mediano plazo	2
		Mitigable	4
		Irrecuperable	8

Formula de importancia de clasificación de impactos ambientales:

IMPORTANCIA (I): + (IN + PE + RV + RC + EF)

Donde:

IN = Intensidad

PE = Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto

RV= Reversibilidad

RC= Recuperabilidad

EF= Efecto

1.4.4 Definición de vulnerabilidad

De acuerdo a el tipo de evaluación cuantitativa se define el tipo de vulnerabilidad Tabla 5 y el signo que se le asigna como acompañamiento el cual es alusivo al tipo de efecto que causa la actividad en el ambiente, siendo así se define como negativo (-) a un efecto perjudicial y positivo (+) a un efecto beneficioso.

Tabla 5 Tipos de vulnerabilidad Fuente: Autor

Valores cuantitativos de vulnerabilidad	
Tipo	Valor
Irrelevante (I)	$= 0 < 5$
Moderada (M)	Entre 6 - 15
Severa (S)	Entre 16-20
Critica (C)	> 21

1.4.5 Cuantificación y calificación de impactos ambientales

En la tabla 6, se observa la evaluación de cuantificación y calificación de impactos para la etapa de implementación del sistema fotovoltaico, en la cual se determina que el tipo de recurso más afectado es el humano con puntaje 14 (-) y tipo de vulnerabilidad moderada. Esto se debe a que es una fase de construcción y por ende la causa de un accidente por el tipo de riesgo físico es alta ya que existe la posibilidad de que ocurran lesiones físicas.

La fauna, con un puntaje de 12 (-) y tipo de vulnerabilidad moderada también se encuentra dentro de los más elevados y esto es a causa del desplazamiento de especies que ocasiona actividades como tala de árboles, adecuación del área y la colocación de cercado perimetral.

Por consiguiente, con la misma puntuación y nivel de vulnerabilidad que el anterior recurso, por su parte el suelo es un componente directamente afectado en todos los aspectos, pero con la capacidad de tener una recuperación de mediano plazo entre 1 – 10 años, ya que actividades como descapote de cobertura vegetal para adecuar toda la maquinaria causa alteraciones físicas y químicas de la composición natural del suelo.

Tabla 6 Calificación y cuantificación de impacto ambiental en la etapa de implementación Fuente: Autor

Tipo de recurso (Componente)	Impacto	Actividades	Etapa de implementación						
			Parámetro de calificación						
			Intensidad	Persistencia	Recuperabilidad	Efecto	Reversibilidad	Calificación	Tipo de vulnerabilidad
Hídrico	Escorrentía y riego de agua residual industrial por lavado de paneles.	Montaje e instalación de paneles, cableados y baterías.	2-	2-	2-	1-	2-	9-	(M)
Suelo	Cambios y alteraciones en el uso del suelo	Tala de árboles, desmonte de cobertura vegetal y disposición de residuos	2-	2-	2-	4-	2-	12-	(M)
Atmosfera	Emisiones bajas de gases, contaminación atmosférica	Construcción cimientos, bases, cuarto eléctrico	1-	1-	2-	1-	2-	7-	(M)
Fauna y flora	Migración o desplazamiento de especies y destrucción de flora	Adecuación del área e instalación cerco perimetral	2-	2-	2-	4-	2-	12-	(M)
Humano	Accidentes laborales a causa de riesgo físico por lesiones personales, riesgo biológico por picadura de animales (serpientes, avispas y otros	Disposición final de material de desecho eléctrico.	2-	2-	2-	4-	4-	14-	(M)

	animales venenosos) y riesgos por COVID-19.								
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 7, Se determina que en la etapa de ejecución o puesta en marcha el recurso más afectado es el suelo con un puntaje de 14 (-) y nivel de vulnerabilidad moderado (M), considerando que el suelo pueda tener dificultad de recuperar su cobertura vegetal debido al mantenimiento ocasional que toque realizarle al sistema. Así mismo, las emisiones atmosféricas con una calificación de 12 y nivel de vulnerabilidad moderado (M) se presenta como el segundo componente afectado dado que en la fase de ejecución se producen emisiones de gases contaminantes.

Tabla 7 Calificación y cuantificación de impacto ambiental en la etapa de ejecución Fuente: Autor

Tipo de recurso (Componente)	Impacto	Actividades	Etapa de ejecución						
			Parámetro de calificación						
			Intensidad	Persistencia	Recuperabilidad	Efecto	Reversibilidad	Calificación	Tipo de vulnerabilidad
Hídrico	Escorrentía y riego de agua residual industrial por lavado de paneles.	Mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de energía fotovoltaico	1-	1-	1-	1-	2-	6-	(M)
Suelo	Cambios y alteraciones en el uso del suelo	Poner en funcionamiento el sistema de energía fotovoltaico	2-	2-	2-	4-	4-	14 -	(M)
Atmosfera	Emisiones bajas de	Poner en funcionamiento	2-	2-	2-	4-	2-	12 -	(M)

	gases, contaminación atmosférica	nto el sistema de energía fotovoltaico							
Fauna y flora	Migración o desplazamiento de especies y destrucción de flora	Poner en funcionamiento el sistema de energía fotovoltaico	2-	2-	1-	4-	2-	11 -	(M)
Humano	Accidentes laborales a causa de riesgo físico por lesiones personales, riesgo biológico por picadura de animales (serpientes, avispas y otros animales venenosos) y riesgos por COVID-19.	Mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de energía fotovoltaico	1-	1-	1-	4-	4-	11 -	(M)

1.5 Impacto social

Un sistema fotovoltaico, es un tipo de energía renovable que no emite gases que contaminen el medio ambiente por ende su impacto social en primera medida es la descontaminación del aire, de esta forma incitamos a que las empresas o fincas aledañas a la zona quieran implementar este tipo de sistemas.

Generar empleo, es un beneficio social para los pobladores del sector que hagan parte de las etapas de construcción y ejecución del proyecto, debido a que un ingreso económico mejora las condiciones de vida.

Además, disminuye la exposición al riesgo eléctrico de las personas que se encuentren cerca del lugar, en comparación con una planta de generación convencional.



Gráfica 1 Diagrama de impacto social Fuente: Autor.

1.6 marco legal

Tabla 8 Normativa con su descripción.

Normativa	Aspecto/ Descripción
NTC 2775 y NTC 1736	La nomenclatura definida en relación con las instalaciones solares fotovoltaicas se trata en las normas
NTC 2883	Las tipologías y las descripciones para los paneles solares fotovoltaicos se tratan en la norma
NTC 2959 y NTC 5287	Las tipologías y las descripciones para las baterías solares fotovoltaicas se tratan en las normas
NTC 114 y NTC 2050	Las tipologías y las descripciones para las instalaciones solares fotovoltaicas se tratan en las normas.
IEC 61215	Estudia las propiedades mecánicas y eléctricas de los módulos FV solares cristalinos de silicio.
IEC 61730	Evalúa que los parámetros de seguridad se cumplan en los paneles solares.

IEC 61701	Se realizan prueba para medir la resistencia por la corrosión ocasionada por la salinidad.
IEC 62716	Se prueba la resistencia para medir la corrosión por amoniaco.

Fuente: Guerrero Zambrano (2021)

CAPITULO II

2.1 MARCO REFERENCIAL

2.1.1 Descripción y ubicación geográfica:

La granja de producción avícola (ECO-GRAJA) se encuentra ubicada en el departamento del Magdalena en la vereda de San Eduardo cerca al municipio del El Banco, esta zona se caracteriza principalmente por la creación de artículos artesanales provenientes de un árbol de totumo (*Crescentia cujete*) como se le conoce coloquialmente, su economía también se basa en la agronomía y ganadería.

Según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio de El Banco Magdalena, el perímetro de la zona de San Eduardo limita al Sur con el brazo de Mompox, Norte con la zona del Playón, el Este con Los Negrito Magdalena, y Oeste La Curva Magdalena.

Como se observa en la figura 1 el predio en donde se implementará el proyecto tiene un área de 9.779,64 m² y está libre de obstáculos que puedan generar sombra sobre la configuración de los paneles.



Ilustración 2. Vista aérea de la granja. Fuente Google Earth, modificado por Guerrero Zambrano (2021)

Es necesario considerar requisitos previos al seleccionar un terreno para probar la viabilidad de construir una planta de energía solar.

Meteorológicamente es importante que lugar cuente con una buena radiación solar. A nivel geográfico, el horizonte debe estar libre de obstáculo y tenga una buena orientación al sur, para que no se vea afectada la producción de energía eléctrica. La topografía del terreno es un aspecto importante ya que esta debe ser lo más plano posible para que no se genere sombra sobre el panel y así reducir costo en la estructura y optimizar la captación de radiación solar.

2.1.2 Radiación solar en Colombia

Colombia se encuentra ubicado en una zona privilegiada en cuanto a la radiación solar recibida durante todo el año, ya que no cuenta con las estaciones

Para el análisis de radiación solar utilizaremos los mapas solares ofrecidos por la plataforma del IDEAM, como se observa en la ilustración 3, este mapa representa gráficamente la irradiación global horizontal medio diario anual, expresado en kWh/m²/día.

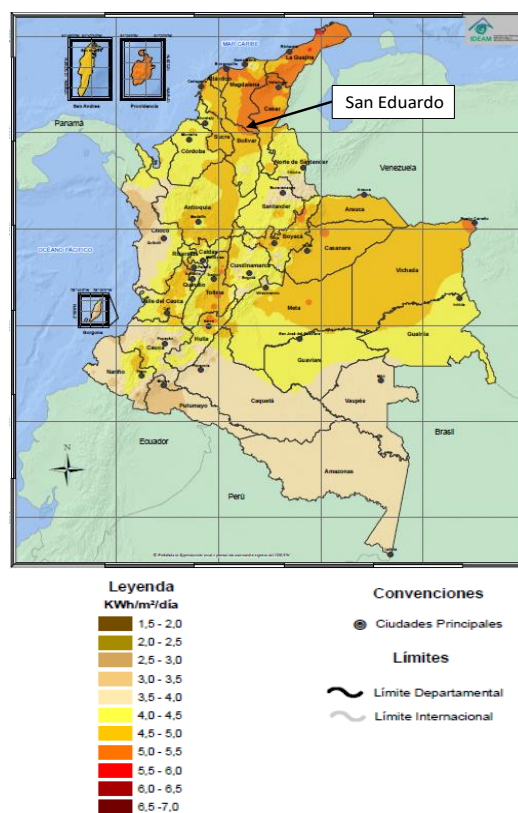


Ilustración 3. Mapa de la irradiancia en Colombia. Fuente: IDEAM 2014

El nivel de irradiación global horizontal anual en el departamento del Magdalena donde se encuentra ubicada la zona de estudio está registrado con un valor entre 5,0 y 5,5 kWh/m²/día según el rango estipulado en la parte inferior de la ilustración de la base del IDEAM.

Se puede observar en la ilustración que la zona de estudio se encuentra con unos de los mejores valores de irradiación, lo que hace viable el proyecto, además que esta zona no cuenta con ningún proyecto de energías limpias

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Energía solar

Cuando se estudian los sistemas fotovoltaicos es inherente hablar de la energía solar ya que es la fuente de energía que sumista a el sistema. Pero, no solo cumple funciones como energía renovable alternativa sino también en la naturaleza aporta a los procesos de fotosíntesis en las plantas, se involucra en ciclo del agua, regula o realiza un balance de las condiciones climáticas del planeta, suministra alimentos y se incluye indirectamente en la dirección del agua y el viento.

La mejor manera de aprovechar la energía térmica es captándola para brindar un servicio de energía alternativa, porque los niveles contaminación que se producen a partir de la implementación de la misma son bajos casi nulos y el sol es una fuente de energía constante, abundante y disponible en la mayor parte de la superficie terrestre. Este sistema, permite la transformación directamente en electricidad, aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores. Acevedo Blanco, V. L. (2013).

2.2.2 Energía fotovoltaica

Los sistemas fotovoltaicos son conjunto de células compuestos por paneles solares los cuales convierten la energía solar en energía eléctrica que a su vez es al conservada en sistemas de almacenamiento (baterías), para luego ser suministrada a el usuario. La luz solar contiene energía por medio de flujo de fotones, que una vez incidiendo en un tipo de material determinado con características que se deben adaptar al diseño. ESPEJO M, Cayetano. (2004)

2.2.3 Celdas solares fotovoltaicas

Según Pereda (2005), una celda solar es un dispositivo con la capacidad de convertir la energía del sol en energía eléctrica, sin necesitar algún dispositivo de combustión. Realizando un efecto fotovoltaico, quiere decir que transforma los rayos solares en electricidad por medio de los materiales semiconductores (PNP y NPN, son materiales que su conductividad se puede modificar, con capacidad de generar una corriente eléctrica con cargas negativas (+), positivas (-) e incluso pueden ser ambas.

Cuando los rayos solares inciden en los semiconductores el cual hace parte de la estructura de la celda solar; se genera el proceso donde los electrones de banda de valencia absorben energía de los fotones y lo transfieren a la banda de conducción y es aquí donde son llevados a el circuito externo generando así una corriente eléctrica como se observa en la ilustración 2.

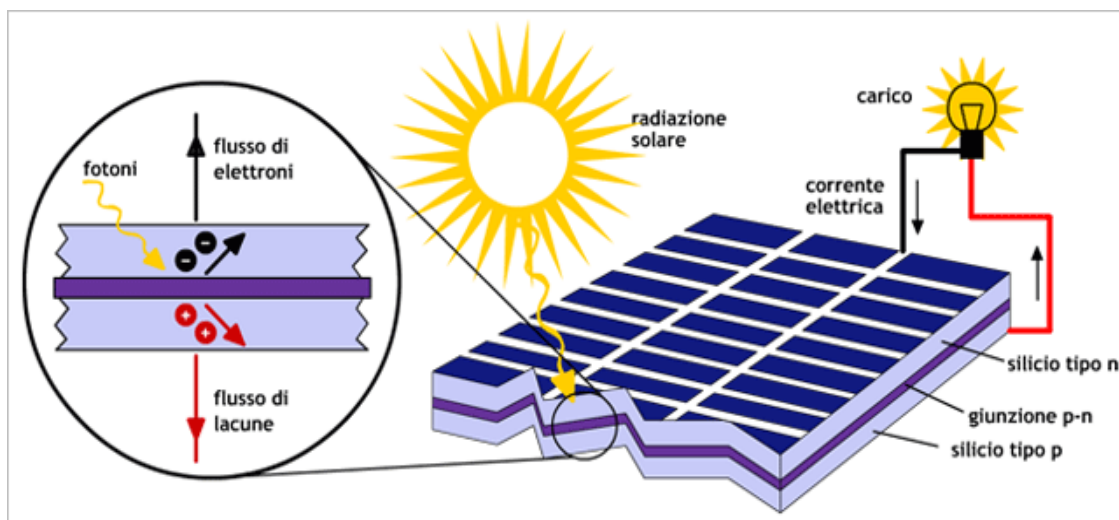


Ilustración 4. Celda solar fotovoltaica. Fuente: Mr. Watt 2021.

2.2.3.1 Temperatura de celda

Para determinar la temperatura de la celda solar se utiliza la ecuación 1, según los autores Castejón & Santamaría (2010), en el libro instalaciones solares fotovoltaicas pág. 26:

$$T_c = T_a + G * \frac{T_{NOCT} - 20}{800} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

T_c : Temperatura de trabajo de la célula [$^{\circ}\text{C}$]

T_a : Temperatura de ambiente [$^{\circ}\text{C}$]

G : Irradiancia (W/m^2)

TNOCT: Temperatura de operación nominal de la célula [$^{\circ}\text{C}$]

2.2.3.1 Estructura de una celda solar

2.2.3.1.1 Semiconductor

El semiconductor tiene la capacidad de convertir la energía solar en energía eléctrica, este dispositivo está constituido por dos materiales semiconductores, el primero con carga positiva (p) y segundo de carga negativa (n). Cuando son expuestos a la radiación solar este material permiten que un fotón de luz solar desprenda un electrón que posteriormente ese espacio será ocupado por otro electrón que a su vez fue arrancado de su propio átomo. Ilumine (2016)

Una celda solar convencional (ilustración 3) se construye a partir de una sucesión de materiales semiconductores como el silicio, de un grosor aproximado en un rango de 100 y 500 μm , en la que se ha difundido boro (impureza trivalente, región P) y sobre la que se difunde una capa muy fina, de 0,2 a 0,5 μm , de fósforo (impureza pentavalente, región N), para obtener una unión PN. Ilumine (2016)

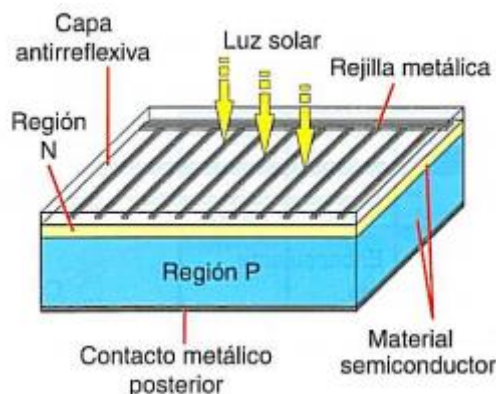


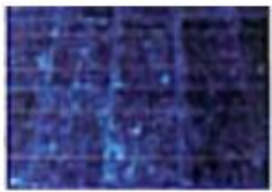
Ilustración 5. Celda solar Fuente Castejón & Santamaria Pag.27 (2010).

Los semiconductores se dividen en tres grupos:

- **Cristal simple:** La organización de monóculo candoroso se caracteriza por una distribución diaria de átomos obteniendo una guisa geométrica tridimensional de un paralelepípedo. Soto, I. E. P. (2005).
- **Policristalino:** Está constituido de varias subsecciones cada una de ellas con modo cristalina, teniendo un camino autónomo y regularmente, en sus interfaces se producen discontinuidades. Tena García, J. L. (2012).
- **Amorfo:** No tiene establecido su condición atómica, generalmente su gran parte de las celdas solares son fabricadas con materiales policristalinos, ya que disminuye su son precio unitario por área, si se comparan con las celdas solares de lentilla simple; sin embargo, tienen una pequeña capacidad e inspiración a los cambios en las condiciones ambientales, por lo que en ordinario son utilizados con concentradores ópticos de luz solar. Soto, I. E. P. (2005).

Tabla 9. Tipos de celdas solares.

Tipo de Celda	Eficiencia	Aspecto	Características
Silicio monocristalino	15-18%		Tiene una estructura cristalina uniforme, se fabrica en lingotes cilíndricos de gran pureza que se cortan en obleas, Fue el primer material utilizarse industrialmente.

Silicio policristalino	12-14%		Su estructura es cristalina no uniforme. Se fabrica en moldes rectangulares: Menor costo que el silicio monocristalino.
Silicio amorfo	6-9%		Estructura no cristalina, Su potencia se degrada con el tiempo de utilización. Se puede depositar como una capa muy fina en muchos tipos de soportes, incluso flexible Bajo coste de fabricación,

Fuente Castejón & Santamaria Pag.27 (2010).

2.2.3.1.2 Banda prohibida o banda gap

La banda prohibida es la energía mínima necesaria que necesita un semiconductor para excitar un electrón desde su estado unido a un estado libre que le acceda su participación en el proceso de conducción. La distribución de bandas genera la energía de los electrones del eje (Y) conocido como "diagrama de banda". El menor nivel de energía de un semiconductor se llama "banda de valencia" (EV) y el nivel de energía en el que un electrón puede ser considerado libre se llama "banda de conducción" (EC). La banda prohibida (EG) es la discrepancia que existe entre la energía en el estado ligado y en el estado libre, entre la banda de valencia y la banda de conducción. Garrido Díez, D. (2020).

Se puede apreciar en la ilustración 6 que la diferencia de energía entre el punto más alto del conjunto de curvas de energía de valencia y el punto más bajo del conjunto de curvas de conducción, Por lo tanto, la banda prohibida es la energía

mínima necesaria para excitar el electrón de manera que pueda participar en la conducción. Honsberg & Bowden (2018).

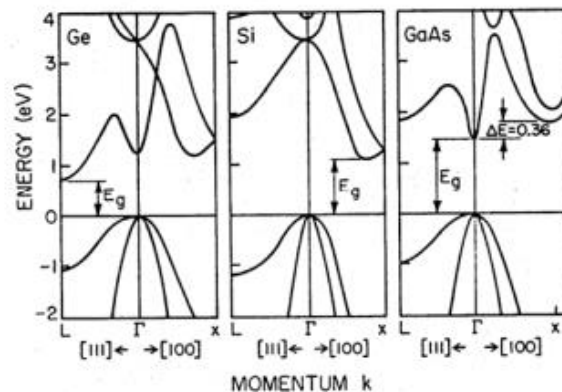


Ilustración 6 Banda prohibida. Fuente: Pereda (2005).

Cuando el electrón estimula a la banda de conducción, es autónomo para desplazarse sobre el semiconductor y puede ser parte de la conducción. Así mismo la excitación o estimulación de un electrón a la banda de conducción también permitirá un proceso de conducción adicional para tomar su lugar dejado. La excitación de un electrón a la banda de conducción deja un espacio vacío para un electrón, por tanto; un electrón de un átomo vecino puede moverse en a ocupar este lugar. Honsberg & Bowden (2018).

2.2.3.1.3 Conducción intrínseca y dopaje

Los conductores intrínsecos cumplen la función de instaurar control de la conductividad con la temperatura, de esta forma permiten que el diseño de dispositivos electrónicos se mantengan las señales eléctricas en un rango de temperaturas admisibles o tolerables para los equipos. Chávez González et. al (2018)

Los semiconductores intrínsecos, se pueden convertir en extrínsecos por dopado con impurezas, como son los componentes sencillos: diodos, transistores, células fotovoltaicas, células fotosensibles, emisores-receptores láser o circuitos integrados. Dentro de los parámetros establecidos que influyen en la capacidad

conductora de los semiconductores extrínsecos esta la temperatura, pero funciona matizada por la concentración de agente dopante. Ullán Comes et. al (2017).

2.2.4 Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos son componentes que tienen por objeto realizar el balance del sistema, son capaces de adecuar su potencia de salida de acuerdo con las condiciones de operación que inciden en la irradiancia solar como lo es el ángulo de incidencia, la temperatura del ambiente y la velocidad del viento. Silva, J., et. al (2012).

La mayoría de los módulos fotovoltaicos se encuentran en un rango de composición de células entre (60 – 72) conectadas en serie. Además de incluir en algunos casos en la conexión en paralelo diodos de bypass conectadas en serie con el fin de regular el flujo de energía sobre los módulos. Es inherente favorecer la unión de células de apoyo versus los agentes atmosféricos realizando una discontinuidad eléctrica apta y una inmovilidad mecánica que permita su manejo genuino de las células solares agrupadas en las condiciones descritas a este proceso se le denominan módulo fotovoltaico. Gómez Zuluaga, et. al (2016).

2.2.4.1 Corrección por temperatura a la característica del panel FV

Para la corrección por temperatura se utilizan las ecuaciones 2,3 y 4 Según el autor autor Julián Cantos serrano (2016).

$$\Delta P_{max} = (T_{cmax} - 25) ^\circ C * Coef. TP_{max} \text{ [%/}^\circ C] \text{ Ecuación 2.}$$

$$\Delta V_{oc} = (T_{cmin} - 25) ^\circ C * Coef. TV_{oc} \text{ [%/}^\circ C] \text{ Ecuación 3.}$$

$$\Delta I_{sc} = (T_{cmax} - 25) ^\circ C * Coef. TI_{sc} \text{ [%/}^\circ C] \text{ Ecuación 4.}$$

2.2.4.2 Cantidad de paneles FV

La cantidad de paneles fotovoltaicos se calcula utilizando la ecuación 5 Según el autor autor Julián Cantos serrano (2016).

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{P_{G-FV}}{P_{fv} \text{ Elegido corregido}} \quad \text{Ecuación 5.}$$

Donde:

P_{G-FV} : Potencia del generador FV

2.2.4.3 Numero de paneles FV en serie

La cantidad de paneles fotovoltaicos en serie, se calcula utilizando la ecuación 5 Según el autor autor Julián Cantos serrano (2016).

$$N^{\circ}_{PS} = \frac{V_{NOM}}{V_{MPP}} \quad \text{Ecuación 6.}$$

Donde:

N°_{ps} : Número de paneles FV en serie.

V_{nom} : Voltaje nominal del panel FV.

V_{mpp} : Voltaje de máxima potencia.

2.2.4.4 Numero de paneles FV en paralelo:

La cantidad de paneles fotovoltaicos en paralelo, se calcula utilizando la ecuación 5 Según el autor el autor Julián Cantos serrano (2016).

$$N^{\circ}_{PP} = \frac{P_{G-FV}}{P_{fv} \text{ Elegido corregido} * N^{\circ}_{PS}} \quad \text{Ecuación 7.}$$

Donde:

P_{G-FV} : Potencia del generador FV.

N°_{ps} : Numero de paneles en serie

2.2.4.1 Estructura de un módulo fotovoltaico

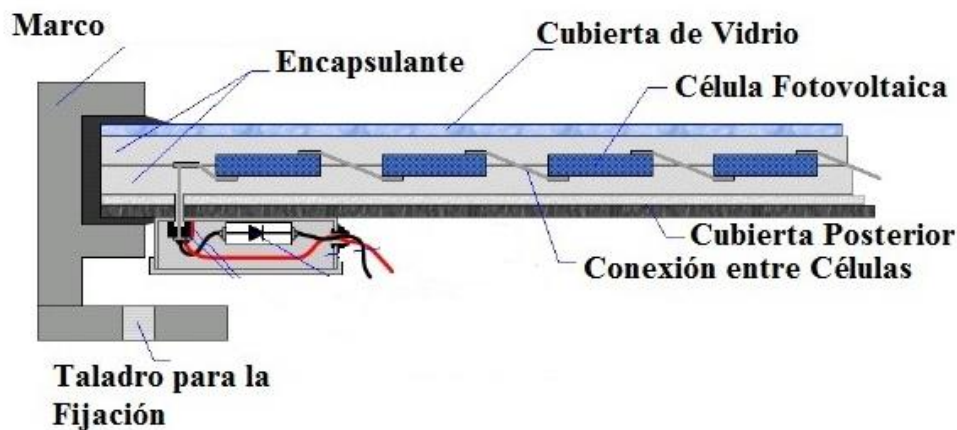


Ilustración 7 Estructura de un módulo fotovoltaico. Fuente: Rodríguez 2021.

Cubierta de vidrio: El material generalmente es de vidrio templado de 3 a 4mm de espesor, con excelente transmisión de la radiación solar, brinda protección contra los agentes atmosféricos y el impacto del granizo. La superficie exterior del vidrio es autorreflejante y está diseñada para resistir el polvo o la suciedad. La superficie interna suele ser rugosa, lo que permite una buena adherencia al encapsulado celular y facilita la penetración de la radiación solar. Osorio Laurencio, L., & Montero Laurencio, R. (2016).

Encapsulante: En la mayoría de los módulos se emplea etil-vinil-acetato (EVA). En polo listado con las células, protege las conexiones entre las mismas y aporta aguante versus vibraciones impactos. Además, proporciona la juntura con el revestimiento exterior y el asidero posterior. Al pulido que el revestimiento de vidrio, permite la expulsión de la radiación pavimentar y no se degrada con la radiación ultravioleta. Florencia (2013).

Cubierta posterior: El material es un lecho de polivinilo fluoruro o de poliéster. Junto con la apariencia delantero para patrocinar al módulo de la humedad y otros agentes atmosféricos y lo aísla eléctricamente. De artículos opaca, es deudo que sea de color nevado para acusar la luz losar que no alcanzan a recolectar las células sobre la muesa zaguero rugosa de la apariencia delantero. Algunos fabricantes ponen está apariencia de lente para exprimir la radiación losar reflejada que puede abstraerse por el noticiario zaguero del módulo. Para ello las células

solares incluyen capas de silicio monocristalino que recoge esta radiación. Osorio Laurencio, L., & Montero Laurencio, R. (2016).

Marco: El material suele ser aluminio anodizado ya que tiene el propósito de aportar rigidez y soporte mecánico al módulo. Además de un sistema de fijación que puede reclutar un cordón para la toma de tierra. Ullán Comes et. al (2017).

Conexiones: Situadas en la posición final del módulo, generalmente consiste en una caja con un apoyo recomendado para proteger el sistema contra el polvo y el agua, fabricada con materiales plásticos resistentes a las temperaturas elevadas, que en su interior incorpora los bornes de conexión existentes y el cableado del módulo y los diodos de protección. El uso de prensaestopas para la conexión de cables mantiene el apoyo frente al polvo y el agua. Silva, J., et. al (2012).

Células: La conexión de las células de un módulo fotovoltaico se realiza con cintas metálicas soldadas o incrustadas sobre la rejilla de conexión eléctrica del frente de cada célula. La interconexión entre células se realiza uniendo las cintas del frente (negativo) de una célula con el frente posterior (positivo) de la célula siguiente. (Ilustración 6).

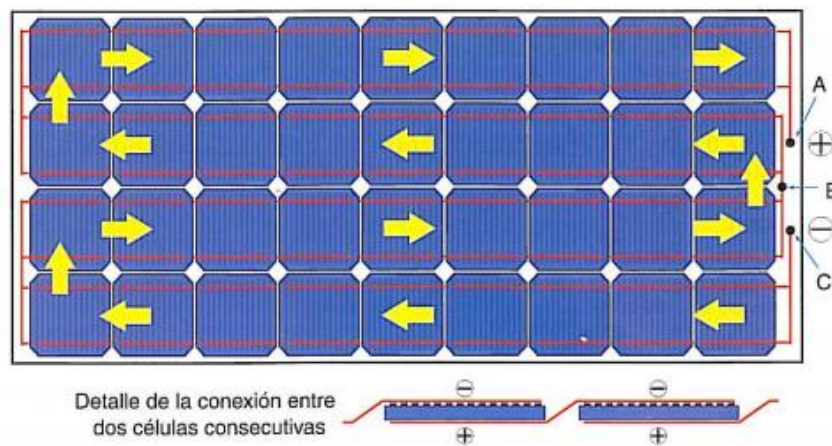


Ilustración 8 Conexión de las células en un módulo fotovoltaico de silicio monocristalino, se indica el sentido de circulación de la corriente. Fuente: Castejón & Santamaría Pág.29 (2010).

2.2.5 Controlador de carga

Este ingrediente del sistema administra de manera efectivo la intensidad en dirección a las baterías prolongando su vigor utensilio protegiendo el sistema de sobrecarga y sobre descargas. Este componente es comercializado basado en su inteligencia aforismo de periódico a controlar (Echeverría, Judewicz, Strack, and González) 2014

El controlador mide la energía consumida por la conexión durante la tarde y la noche, restituyendo la cuantía durante el día siguiente. Cuando la energía eléctrica es consumida supera la contribución que puede pagar en un día, el compensador restituye la contribución en los días subsiguientes. El compensador aprovecha toda la energía arreglada siendo la lista PWM = 1 en fortuna que la energía requerida sea el máximo que la que él puede aportar. (Hoyos, Villena & Serrano) (2011)

En el algoritmo de tres etapas ilustración 9, El proceso de contribución comienza en la etapa de bulk, inyectando al grupo una electricidad contante tan elevada como lo permitan las características del mismo, generalmente entre el (20-20) % su capacidad. De esta manera, el voltaje se incrementa paulatinamente hasta impresionar el voltaje de absorción en naciente extensión el grupo posee más o menos el 80% su contribución total. Pacheco (2019)

La corriente para la selección del regulador está dada por las ecuaciones 8 y 9 según el autor el autor Julián Cantos serrano (2016).

$$I_{max,G} = I_{sc}, G = N_{MP} \times I_{SC} \text{ Ecuación 8}$$

$$I_{CONT} > \text{Factor de seguridad} \times I_{max,G} \text{ Ecuación 9}$$

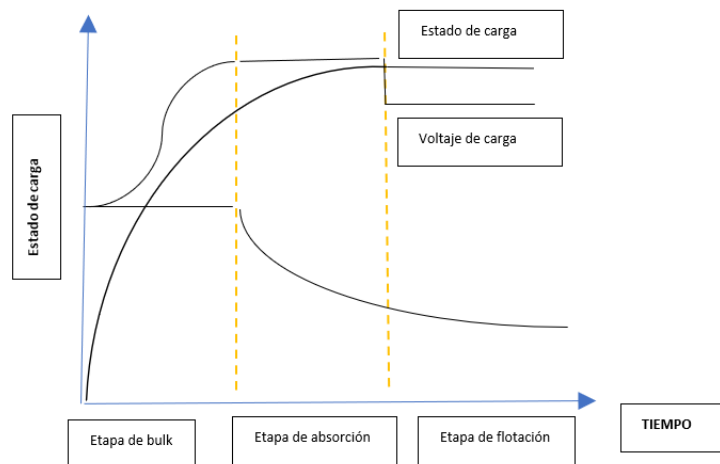


Ilustración 9 Algoritmo de carga de tres etapas. Fuente: Diseño de un controlador de carga de tres etapas para sistemas fotovoltaicos usando lógica difusa. Pacheco 2019.

2.2.6 Baterías

Las baterías o acumuladores fotovoltaicos se utilizan principalmente como sistema de almacenaje energético como se observa en la ilustración 10, necesario en los periodos que pueden presentarse entre la generación en día en presencia de la luz solar y los periodos de consumo durante la noche en ausencia de la misma, permitiendo la compra de las cargas cuando el sistema FV por sí mismo no genera para facilitar el consumo y abastecimiento. No obstante, incluso se pueden servirse para otros cometidos tales como estabilizadores de voltaje y para facilitar picos de ordinario en el impulso de motores. Las baterías se utilizan regularmente en sistemas FV autónomos y en franco no se utilizan en sistemas conectados a la red eléctrica. (Parra, 2019).



Ilustración 10 Batería. Fuente: (<https://www.generatuluz.com/wp-content/uploads/2018/04/Esquema-Powery-bater%C3%ADa-de-Gel-12v-18Ah-300x282.jpg>)

Según el autor el autor Julián Cantos serrano (2016). La capacidad de la batería se determina a partir de la ecuación

$$\text{Capacidad (Ah)}: \frac{\text{Demanda energética} \times \text{días de autonomía}}{V_{bat} \times PD} \quad \text{Ecuación 10.}$$

Donde:

V_{bat} : Voltaje de la batería

PD : Profundidad de descarga

2.2.7 Inversor

Un inversor es un dispositivo que tiene por objeto transformar la corriente continua producida por el generador FV en corriente alterna con las medidas apropiadas de tensión y frecuencia. Según la finalidad que se vaya cumplir el inversor a la corriente alterna producida, estos pueden ser de dos tipos:

- Inversores para sistemas fotovoltaicos autónomos.
- Inversores para sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

Los inversores para sistemas fotovoltaicos autónomos pueden ir conectados al final del compensador de obligación o en bornes del acumulador (ilustración 11). Cuando son en bornes la contingencia tienen aguantar la variación de la carga de suministrado por los acumuladores.

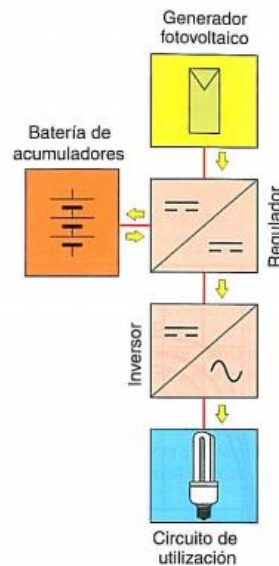


Ilustración 11 Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico autónomo

Fuente: Instalaciones solares fotovoltaica Agustín Cantejón & German Santamaria 2010.

La potencia del inversor se determina a partir de la siguiente formula según el autor Julián Cantos serrano (2016).

$$P_{inv} = \sum P_{AC} \times F.s \text{ Ecuación 11}$$

Donde:

P_{inv} : Potencia del inversor

P_{AC} : Potencia total de consumo en corriente alterna

$F.s$: Factor de simultaneidad

Los inversores para sistemas fotovoltaicos conectados a la red van conectados al generador fotovoltaico (Ilustración 12) y tienen que sobrellevar el cambio de tensión que se pueda presentar proporcionado por la conexión en todas

las condiciones de trabajo. Son inversores con espera monofásica o trifásica con potencias que van desde 1 kW hasta las centenas de KW. Es necesitado que dispongan de adepto MPP. Al ir conectados a la red eléctrica utilizan como referente basándose en la corriente frecuente alterna de la red.

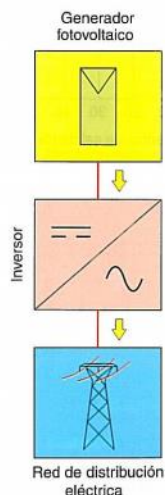


Ilustración 12 Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico conectado a la red. Fuente: Instalaciones solares fotovoltaica Agustín Cantejón & German Santamaria 2010.

2.2.8 Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica

Las aplicaciones varían en diferentes sectores de la economía y la industria claro está modificando la escalas del sistema y adaptándose según el tipo de servicio a proporcionar, cuando se refiere a pequeñas escalas se hace referencia sistemas domésticos donde en este procedimiento se adapta en escalafón y magnitud dependiendo del tipo de recurso que va a proveer, Generalmente, para este sector se utilizan elementos domésticos como neveras, ventiladores, televisores, planchas y luminaria que la mayor parte del tiempo están en corriente continua lo que indica que no necesita de un inversor.

Así mismo, existen centros comunales de carga que es cuando el sistema FV abastece a un grupo o comunidad. En otros sectores podemos encontrar el sector público donde la energía solar se puede utilizar en alumbrado de calles o vías donde han reemplazado la energía directa de la red por energía suministrada por un panel solar adaptado al poste de luz.

En bombeo de agua cumple la función del suministro de energía con la ayuda de un módulo FV y la ayuda de un controlador de carga que va conectado a una bomba de inmersión o sumergible.

La refrigeración, también es un campo de aplicación donde se utilizan elementos como un panel solar, regulador de carga, batería y la refrigeradora a la que se le va suministrar la energía.

En los desastres naturales puede funcionar como un sistema de energía auxiliar en caso de que el suministro de energía habitual falle y así poder restablecer la comunicación.

También, puede suministrar energía o cargar los vehículos eléctricos que se han fabricado con la finalidad de reducir las emisiones de CO₂ ya que no queman ningún combustible.

2.2.9 Tipos de sistemas fotovoltaicos

Sistemas Solares Fotovoltaicos Conectados a Red (On-Grid)

Este es uno de los sistemas más empleados en la actualidad debido a su simplicidad y su facilidad de construcción, además su aplicación a grandes campos de generación eléctrica por su bajo costo de kilovatio instalado.

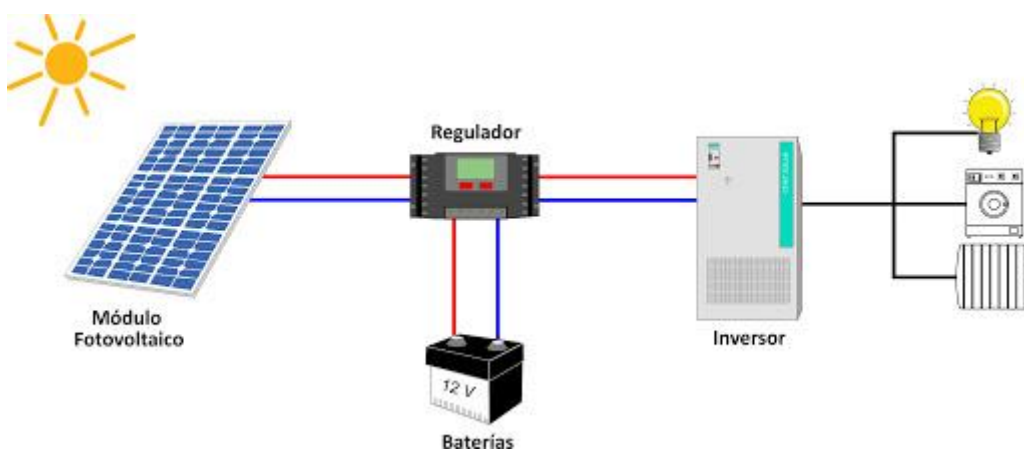


Ilustración 13. Sistema fotovoltaico aislado fuente: Cenit Solar - Proyectos e instalaciones energéticas 2022

2.2.10 Demanda energética

Se realizó los cuadros de carga para determinar la energía requerida por día y potencia instalada, además de graficar el consumo energético por horas para observar la variabilidad en el tiempo.

2.2.11 Ángulo de inclinación óptimo

$$B_{opt} = 3,7 + 0,69 * \varnothing \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

B_{opt} = ángulo de inclinación óptima (grados)

$\varnothing$ = Latitud del lugar, sin signos (grados)

2.2.12 Rendimiento global de la instalación

$$R = (1 - K_b - K_i - K_r - K_v) * (1 - K_a * \frac{N}{P_d}) \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

K_b : Pérdidas en el proceso de acumulación.

K_a : Autodescarga de la batería.

K_i : Pérdidas por el rendimiento del inversor.

P_d : Profundidad de descarga máxima admisible.

N : Número de días de autonomía.

K_v : Otras pérdidas no consideradas.

K_r : Pérdidas en el controlador de carga.

Tabla 10. Rendimiento global de la instalación Fuente: Libro configuración de instalaciones solares fotovoltaicas, cálculo de consumo real pág.86.

Pérdidas en el proceso de acumulación	Kb
Acumulados nuevos, sin descargas intensas	0.05
Acumulados viejos, descargas intensas, temperaturas bajas	0.1
Autodescarga de la batería	Ka
Baterías de baja autodescarga, sin mantenimiento	0.002
Baterías estacionarias de energía solar	0.005
Baterías de alta autodescarga	0.012
Pérdidas por el rendimiento del inversor	Ki
No hay inversor en la instalación	0
Rendimiento inversor 95%	0.05
Rendimiento inversor 90%	0.1
Rendimiento inversor 85%	0.15
Rendimiento inversor < 85%	0.2
Otras pérdidas no consideradas	Kv
Si no se tiene en cuenta pérdidas en cableado y equipos	0.15
Si se ha realizado un estudio detallado de pérdidas en equipos	0.05
Profundidad de descarga máxima admisible	Pd
Batería descargada hasta el 90%	0.9
Batería descargada hasta el 80%	0.8
Batería descargada hasta el 70%	0.7
Batería descargada hasta el 60%	0.6
Batería descargada hasta el 50%	0.5
Batería descargada hasta el 40%	0.4
Batería descargada hasta el 30%	0.3
Número de días de autonomía	N
Vivienda fines de semana	3
Vivienda habitual	5
Instalaciones especiales con servicio prioritario	15
Instalaciones especiales alta fiabilidad	20
Pérdidas en el controlador de carga	Kr
Controlador de carga eficiente	0,1
Controlador de carga antiguo, poco eficiente	0,15

2.2.13 Selección de la tensión del sistema

Se selecciona la tensión nominal de acuerdo a la potencia del sistema como se observa en la tabla 11.

Tabla 11. Selección de la tensión del sistema

Potencia	Tension nominal
$P \leq 800 \text{ W}$	12 V
$800 \leq P \leq 1600 \text{ W}$	24 V
$1600 \leq P \leq 3200 \text{ W}$	48 V
$P > 3200 \text{ W}$	120 o 300 V

Fuente: el autor Julián Cantos serrano (2016).

2.2.14 Potencia del generador

$$P_{G-FV} = \frac{\text{Demanda Energética}}{\text{HSP}} \quad \text{Ecuación 14.}$$

Donde:

P_{G-FV} : Potencia del generador [W]

HSP: Hora solar pico [h/día]

Demanda Energética: [Wh/día]

2.2.15 Distancia de sombra

Para determinar la distancia de sombra se hace necesario utilizar la ecuación 15 descrita según el autor Julián Cantos serrano (2016), del libro configuración de instalaciones solares fotovoltaicas.

$$D_s = \frac{L \cdot \sin \beta \cdot \cos \Psi_s}{\tan \gamma_s} \quad \text{Ecuación 15.}$$

Donde:

L= Longitud

β = Ángulo optimo

Ψ_s = Azimut solar

γ_s = Elevación solar

El cálculo de la selección del conductor se determina a partir de la ecuación 16, según el autor Julián Cantos serrano (2016).

$$S = \frac{2 * \rho * L * I}{\% (V_a - V_b)} \text{Ecuación 16.}$$

Donde:

S: Sección (mm)²

ρ : Conductividad del material

L: Longitud (m).

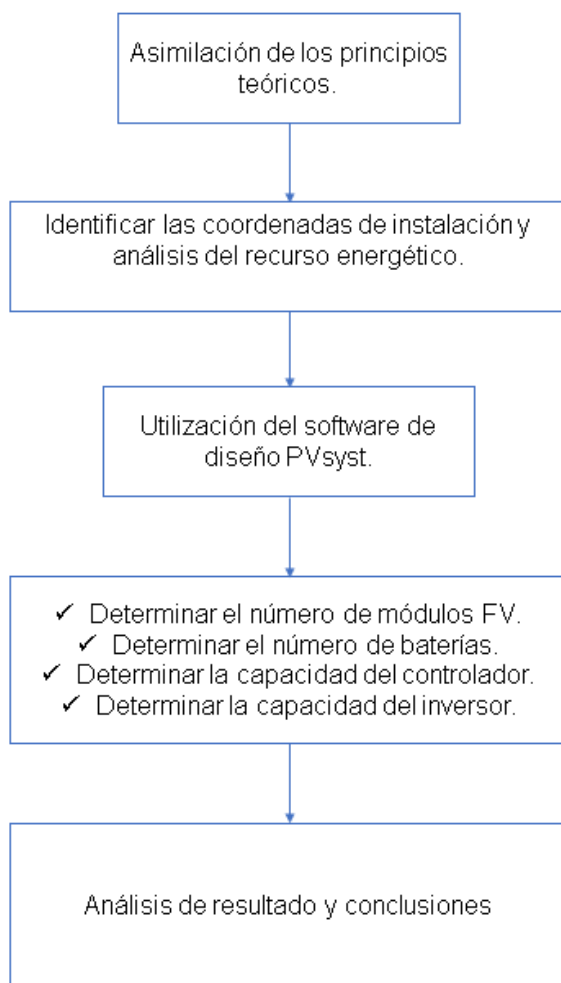
I: Corriente (A)

$\% (V_a - V_b)$: Caída de tensión (volt)

CAPITULO III

6. Metodología

Para llevar a cabo la metodología del diseño sistema de energía fotovoltaica off grid para granja de producción avícola en la vereda de San Eduardo, magdalena fue necesario realizar las siguientes actividades



Gráfica 2 Metodología de desarrollo. Fuente: Autor

6.1 Definir la ubicación geográfica

Con la herramienta Google earth obtenemos la información geográfica necesaria para iniciar el dimensionamiento, lo datos adquiridos de esta herramienta son:

- Coordenadas geográficas
- Perímetro y área disponible para la planta solar
- Altitud

6.2 Datos meteorológicos

Se consulta en las bases de datos de la NASA los siguientes datos, para posteriormente analizarlos en el diseño:

- niveles de radiación
- temperatura máxima
- temperatura mínima
- días nublados por semana

6.4 Software PVsyst

Teniendo en cuenta las actividades descritas anteriormente como lo son recurso solar, cuadro de cargas y ángulo óptimo se realizó el diseño fotovoltaico en el programa; donde se determinan variables tales como número de paneles, número de baterías y pérdidas del sistema.

6.5 Diseño del sistema FV en AutoCAD

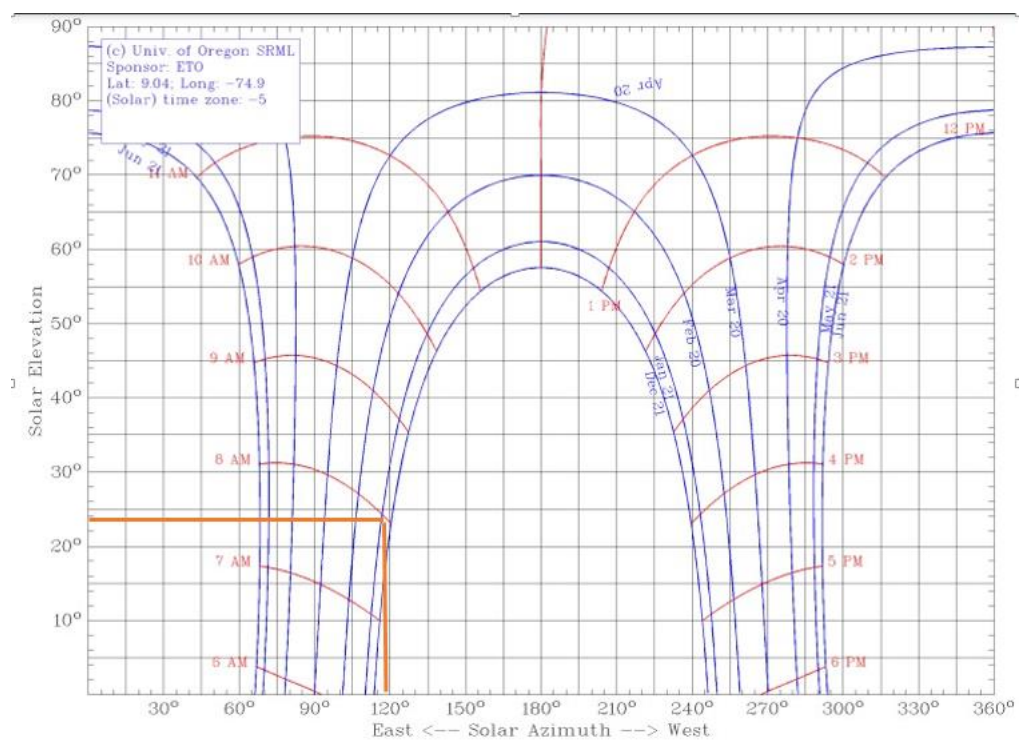
Para realizar el diseño en el software se hace necesario determinar los parámetros de diseño tales como la distancia de sombra, longitudes del panel, altura de elevación del módulo, azimut solar y factor de seguridad bajo criterio del diseñador.

6.5.1 Distancia de sombra

Se calcula utilizando la ecuación 15; para encontrar las variables de azimuth y elevación solar se utiliza la tabla solar (Gráfica 3), basado en los datos meteorológicos suministrados NASA se procede a determinar el mes con el peor nivel de radiación y se estipula la hora promedio de salida del sol.

- Noviembre es el mes con nivel más bajo de radiación.
- La hora promedio de salida del sol 8 a.m.

Dando un valor de elevación solar de 24° y un ángulo de azimuth de 120° .



Gráfica 3 Tabla solar Fuente: Univ. Of Oregón SRML fecha de consulta 2022.

7. Resultado

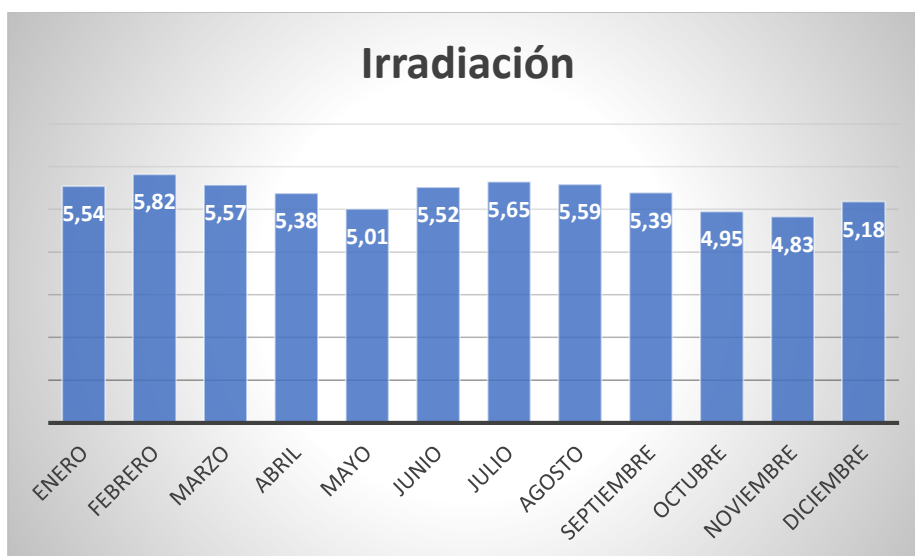
7.1 Datos meteorológicos

El recurso solar correspondiente que dispone la estación meteorológica se observa en la tabla 11, donde los datos están dados en un periodo de histórico de 20 años (2001-2020), registrados con unidades de tiempo de irradiación mensual global anual en kilowatts hora por metro cuadrado día.

Tabla 12. Datos de irradiación horizontal global

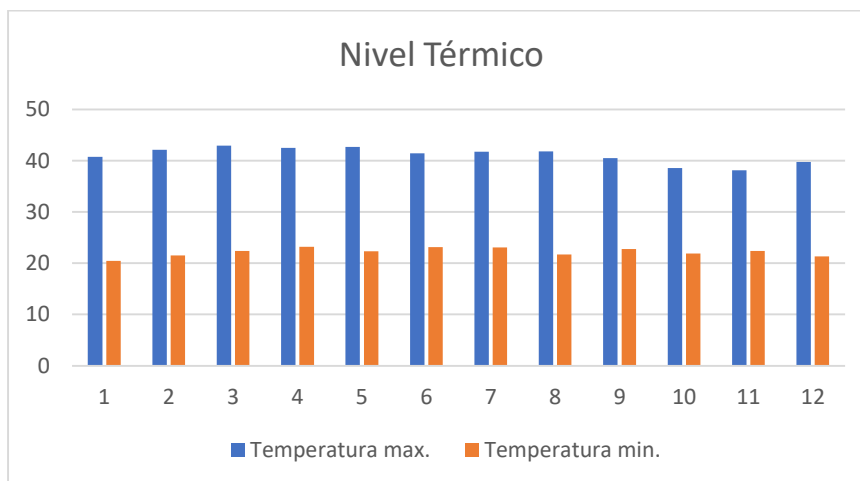
	Ene ro	Febre ro	Mar zo	Abri l	Ma yo	Juni o	Juli o	Agos to	Septiem bre	Octub re	Noviem bre	Diciem bre
Irradiación	5,54	5,82	5,57	5,38	5,01	5,52	5,65	5,59	5,39	4,95	4,83	5,18
Temperatura max	40,75	42,1	42,94	42,48	42,69	41,44	41,76	41,84	40,52	38,55	38,15	39,73
Temperatura min	20,46	21,49	22,37	23,19	22,33	23,12	23,09	21,68	22,76	21,88	22,41	21,32
Día nublados X semana	0,7	0,62	0,81	0,82	0,9	0,81	0,72	0,74	0,78	0,73	0,82	0,79

Fuente: NASA (2022).



Gráfica 4 Niveles mensuales de irradiación horizontal global en Vereda de San Eduardo, Magdalena. Fuente: NASA 2022.

En la gráfica 4, se observa que el mes con mayor irradiación es febrero que registra un valor máximo de 5.82 kWh/m²/día y el mes con el valor mínimo registrado es noviembre con un valor de 4.83 kWh/m² / día, el cual se eligió para desarrollar los cálculos del sistema.



Gráfica 5 Niveles térmicos mensual en la vereda de San Eduardo, Magdalena.
Fuente: NASA (2022).

De los datos obtenidos en la gráfica 5 se seleccionaron los máximos y mínimos de temperatura para el diseño del sistema, $T_{max}= 42.94$ y $T_{min}=20.46$, debido a que estos parámetros afectan de manera directa al diseño.



Gráfica 6 Días nublados por semana. Fuente: NASA (2022).

Los días de autonomía del sistema dependerán de la base de datos ofrecida por la NASA como se observa en la gráfica 6, con un máximo de 0.9 días nublados, el sistema de batería ofrecerá de servicio 1.5 día de autonomía.

7.2 Cuadros de cargas

Para determinar la energía consumida fue necesario realizar un inventario de los aparatos eléctricos de la granja y efectuar un cuadro de potencia con su debido uso diario, los cuales dieron un valor de 5906.33 Wh/día para la casa ubicada en las instalaciones de la granja, 16302Wh/día para los tres galpones y 71360 Wh/día para el cuarto de máquinas. (Ver Tabla 12,13 & 14)

Tabla 13. Cuadro de carga para la casa

Cuadro de carga para la casa.						
C.A						
Electrodoméstico	Cantidad	Tensión [V]	Potencia [W]	Potencia Total [W]	Uso diario [h]	Energía diaria [W/Día]
focos LED	9	127	15	135	7	945
computador	1	127	149	149	3	447
lavadora	1	127	1500	1500	1	1500
licuadora	1	127	300	300	0.17	51
nevera	1	127	91.2	44.31	24	1063.3
teléfono móvil	2	127	10	20	2	40
Tv	1	127	150	150	6	900
ventilador	1	127	80	80	12	960
Potencia Instalada [W]				2378.305556		
ENERGÍA REQUERIDA POR DÍA (Wh/día)						5906.333333

Fuente Guerrero Zambrano 2022

Tabla 14 . Cuadro de carga para galpones

Cuadro de carga para los 3 galpones.						
C.A						
Electrodoméstico	Cantidad	Tensión [V]	Potencia [W]	Potencia Total [W]	Uso diario [h]	Energía diaria [W/Día]
Ventiladores	3	127	373	1119	8	8952
Bombillos	21	127	50	1050	7	7350
Potencia Instalada [W]				2169		
ENERGÍA REQUERIDA POR DÍA (Wh/día)						16302

Fuente: Guerrero Zambrano 2022

Tabla 15. Cuadro de cargas para cuarto de máquinas.

Cuadro de carga para cuarto de máquinas						
C.A						
Electrodoméstico	Cantidad	Tensión [V]	Potencia [W]	Potencia Total [W]	Uso diario [h]	Energía diaria [W/Día]
Focos LED	8	127	20	160	8	1280
Incubadoras	4	127	730	2920	24	70080
Potencia Instalada [W]				3080		
ENERGÍA REQUERIDA POR DÍA (Wh/día)						71360

Fuente: Guerrero Zambrano 2022

La energía requerida por día es la sumatoria de los tres cuadros de cargas la cual genera un valor de 93568.33 Wh/día.

Potencia Instalada [W]	7627.305556
ENERGÍA REQUERIDA POR DÍA (Wh/día)	93568.33333

A criterio del diseñador la potencia total consumida se multiplica por un factor de seguridad de 10% para garantizar el funcionamiento del sistema en caso de que

exista un consumo adicional o el nivel de radiación sea menor al previsto según los valores establecidos en los datos meteorológicos, el valor final para realizar el diseño se establece en la siguiente tabla.

ENERGÍA TOTAL REQUERIDA POR DÍA (kWh/día) + F. S	
	102925.1667

Nota: Los elementos descritos en los cuadros de cargas con factor de potencia menor a uno, se les realiza un ajuste teniendo en cuenta la potencia descrita por el fabricante en Wh.

En la tabla 16, se observa el comportamiento del consumo energético en 24 horas donde se evidencia que las incubadoras generan el mayor consumo por hora.

Tabla 16 Consumo energético por horas Fuente: Autor

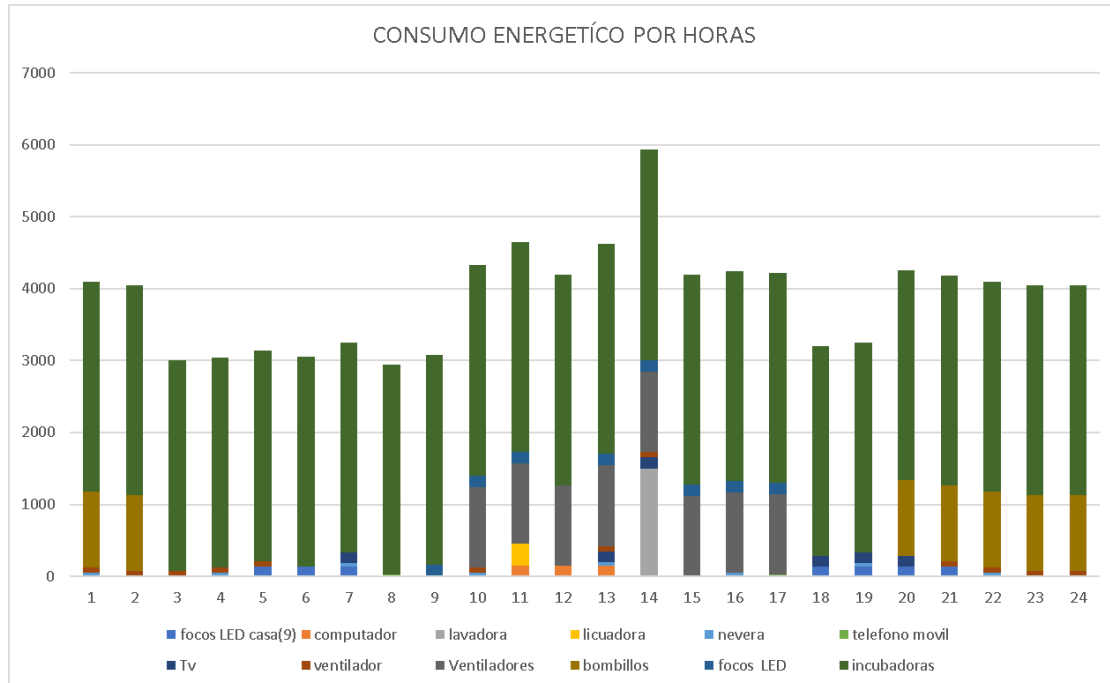
CONSUMO ENERGETICO POR HORAS

Aparatos/horas	focos LED casa (9)	computador	lavadora	licuadora	nevera	teléfono móvil	Tv	ventilador	Ventiladores	bombillos	focos LED	incubadoras	Consumo en horas
1					44.31			80		1050		2920	4094.305556
2								80		1050		2920	4050
3								80				2920	3000
4					44.31			80				2920	3044.305556
5	135							80				2920	3135
6	135											2920	3055
7	135				44.31		150					2920	3249.305556
8						20						2920	2940
9											160	2920	3080
10					44.31			80	1119		160	2920	4323.305556
11		149		300					1119		160	2920	4648
12		149							1119			2920	4188

13		149			44.31		150	80	1119		160	2920	4622.305556
14			1500				150	80	1119		160	2920	5929
15									1119		160	2920	4199
16					44.31				1119		160	2920	4243.305556
17						20			1119		160	2920	4219
18	135						150					2920	3205
19	135				44.31		150					2920	3249.305556
20	135						150			1050		2920	4255
21	135							80		1050		2920	4185
22					44.31			80		1050		2920	4094.305556
23								80		1050		2920	4050
24								80		1050		2920	4050
												Max	5929

Fuente: Guerrero Zambrano 2022.

En la siguiente gráfica, se tabularon los valores del consumo energético del sistema donde se demuestra que el mayor consumo de energía se encuentra en el lapso de las 10 hasta las 17 horas, considerando que en ese tiempo el arreglo FV genera gran parte de la energía.



Gráfica 7 Consumo energético por horas Fuente: Autor

7.3 Ángulo Óptimo

Determinación del ángulo óptimo, haciendo uso de la ecuación 12:

$$\text{Latitud de la zona} \quad \phi = 9^{\circ} 00' 39'' = 9.0086$$

$$B_{opt} = 3,7 + 0,69 * 9.0086 = 9.915934 \cong 10^{\circ}$$

Con el valor del ángulo óptimo se crea la inclinación de la estructura, aproximándolo a 10° , ya que este porcentaje no afecta el rendimiento del sistema.

7.4 Rendimiento de la instalación

Para determinar el rendimiento de la instalación se aplicó la ecuación 13 descrita en el capítulo II, donde es necesario elegir el valor de cada variable basándose en la tabla 17,

Tabla 17 variables de la ecuación rendimiento global de la instalación.

Acumulados nuevos, sin descargas intensas	Kb=	0,05
Baterías estacionarias de energía solar	Ka=	0,005
Rendimiento inversor 95%	Ki=	0,05
Controlador de carga eficiente	Kr=	0,1
Si se ha realizado un estudio detallado de pérdidas en equipos	Kv=	0,05
Batería descargada hasta el 60%	Pd=	0,6
Número de días de autonomía	N=	1,5

Fuente: Autor.

$$R = (1 - 0.05 - 0.05 - 0.1 - 0.05) * (1 - (0.005 * \frac{1.5}{0.6}))$$

$$R = 0.7406$$

Con el rendimiento obtenido R se calcula el nuevo valor de la demanda energética: Demanda energética + Rendimiento global de la instalación = 126336,9897 Wh/día.

La tensión del sistema se selecciona a partir de la tabla 11, siendo así el valor de 120 V DC.

7.5 Potencia del generador

Para determinar la potencia del generador se utilizó la ecuación 14 descrita en el capítulo II

$$P_{G-FV} = \frac{126336,9897 \text{ Wh/día}}{4.83 \text{ h/día}}$$

$$P_{G-FV} = 26156,7 \text{ W}$$

Se selecciona el módulo FV de acuerdo a la tecnología que más se adecue a la zona.

Tabla 18 ficha técnica del módulo FV

Marca	NOVA SPLIT	
Pmax	335	W
Vnom	120	V
Vmpp	38,5	V
Impp	8,71	A
Voc	46,2	V
Isc	9,19	A
TNOCT	45	°C
Coef. Temp. Pmax	-0,39	%
Coef. Temp. Voc	-0,3	%
Coef. Temp. Isc	0,05	%

Fuente: Red solar 2022

7.6 Temperatura de trabajo de la celda

Aplicando la ecuación 1 se determina la temperatura de trabajo de la celda dando como resultado

$$T_c = 74,19^{\circ}\text{C}$$

Por influencia de la temperatura se debe corregir los valores de Pmax, Isc y Vco aplicando las ecuaciones 5,6 y 7.

Tabla 19 corrección por temperatura a la característica del panel FV

Influencia de la temperatura		
Tc	74,19	°C
Var. Potencia	-19,1841	%
Var. Voc	1,362	%
Var. Isc	2,4595	%
Pot. max corregida	270,733265	W

Voc Corregido	46,829244	V
Isc Corregido	9,41602805	A

Fuente: Autor.

7.7 Número de paneles

Aplicando la ecuación 5 se determina la cantidad de paneles a utilizar

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = 96.61 \approx 97$$

7.7.1 Número de paneles FV en serie

Aplicando la ecuación 6 se determina la cantidad de paneles FV en serie

$$N^{\circ}_{PS} = 3.11 \approx 4$$

7.7.2 Número de panel FV en paralelo

Aplicando la ecuación 7 se determina la cantidad de paneles FV en paralelo

$$N^{\circ}_{PP} = 24.15 \approx 25$$

7.8 Potencia real del generador FV

Debido a que se realizó aproximación de los valores N°_{ps} y en N°_{pp} fue necesario hallar el valor real de la potencia del generador

$$\text{Potencia del Generador FV} = \text{Pot. Max corregida} * N^{\circ} \text{ paneles}$$

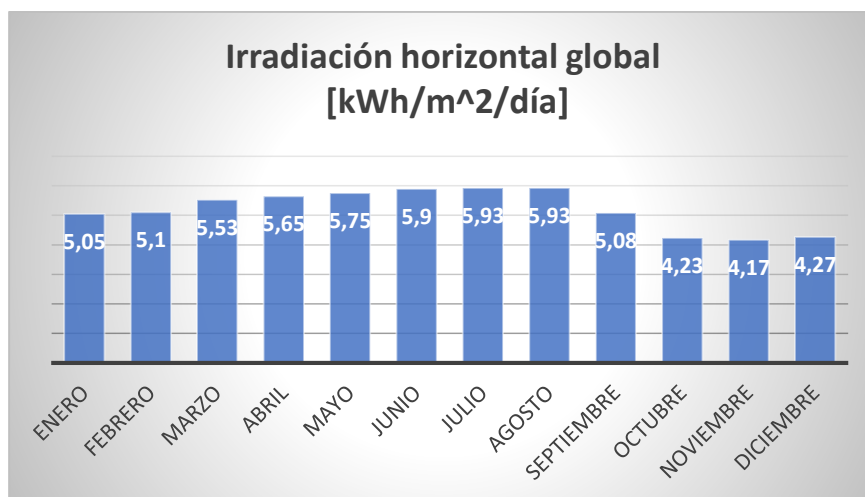
$$\text{Potencia del Generador FV} = 270.73 \text{ W} * 100$$

$$\text{Potencia del Generador FV} = 27073.32 \text{ W}$$

7.9 Software PVsyst

	Irradiación horizontal global kWh/m ² /día	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² /día
Enero	5,05	1,9
Febrero	5,1	2,43
Marzo	5,53	2,65
Abril	5,65	2,76
Mayo	5,75	2,56
Junio	5,9	2,53
Julio	5,93	2,27
Agosto	5,93	2,62
Septiembre	5,08	2,69
Octubre	4,23	2,61
Noviembre	4,17	2,47
Diciembre	4,27	2,03
Año	5,22	2,45

. Fuente: Meteonorm (2021)



Gráfica 8 Niveles mensuales de irradiación horizontal global en Vereda de San Eduardo, Magdalena. Fuente Meteonorm 2022

Los primeros datos que necesita el software para iniciar a realizar el diseño son las coordenadas de la zona (Latitud, Longitud, Altitud) y la zona horaria (Ver ilustración 14)

Coordenadas geográficas

Recorridos solares

Decimal Grad. Min. Seg.

Latitud 9.0404 [°] 9 2 25 (+ = Norte, - = Hemisferio Sur)

Longitud -74.0989 [°] 74 5 56 (+ = Este, - = Oeste de Greenwich)

Altitud 27 M por encima del nivel del mar

Zona horaria -5.0 Corresponde a una diferencia promedio Hora Legal - Hora Solar = 0h -3m

Obtener del nombre

Ilustración 14 Datos iniciales del software PVsyst. Fuente: Guerrero 2022.

Para determinar la irradiación horizontal global mensual fue necesario tener en cuenta los datos de la misma suministrados por el programa de Meteonorm en el periodo de tiempo de 1991-2007, donde se puede evidenciar el mes menos favorable para esta variable es noviembre con un valor de 125.2 KWh/m² /mes (Ver ilustración 15)

Coordenadas geográficas Meteo mensual Mapa interactivo						
Sitio EL PALMAR (Colombia)						
Fuente de datos: Meteonorm 8.0 (1991-2007), Sat=100%						
	Irradiación horizontal global	Irradiación difusa horizontal	Temperatura	Velocidad del viento	Turbidez Linke	Humedad relativa
	kWh/m ² /mes	kWh/m ² /mes	°C	m/s	[-]	%
Enero	156.6	58.8	26.6	2.49	3.435	78.1
Febrero	142.9	68.1	26.9	2.70	4.109	75.9
Marzo	171.3	82.0	27.6	2.70	4.494	75.0
Abril	169.6	82.9	28.0	2.60	5.045	76.4
Mayo	178.2	79.4	29.0	2.70	4.239	73.5
Junio	177.1	75.5	28.8	3.50	4.097	72.0
Julio	183.8	70.3	29.1	3.69	3.772	69.1
Agosto	183.8	81.2	29.2	3.50	3.726	69.6
Septiembre	152.4	77.7	28.6	2.89	3.850	72.7
Octubre	131.1	81.0	28.2	2.20	3.502	76.2
Noviembre	125.2	74.2	27.2	1.80	3.445	81.5
Diciembre	132.5	63.0	27.1	2.19	3.538	78.8
Año	1904.5	894.1	28.0	2.7	3.938	74.9
Irradiación horizontal global variabilidad año a año 6.9%						

Ilustración 15. Radiación horizontal global año a año de la zona. Fuente: Meteonorm 2022.

El ángulo de inclinación se obtuvo a partir de la (ecuación 12) descrita anteriormente, generando un valor del 10° (grados). Se tomó un azimut de valor cero debido a que el proyecto estará orientado al sur. También, se puede observar el ángulo óptimo determinado a partir de la ecuación 12, que tiene por objeto demostrar la orientación más adecuada para este sistema fotovoltaico. (Ver ilustración 16)

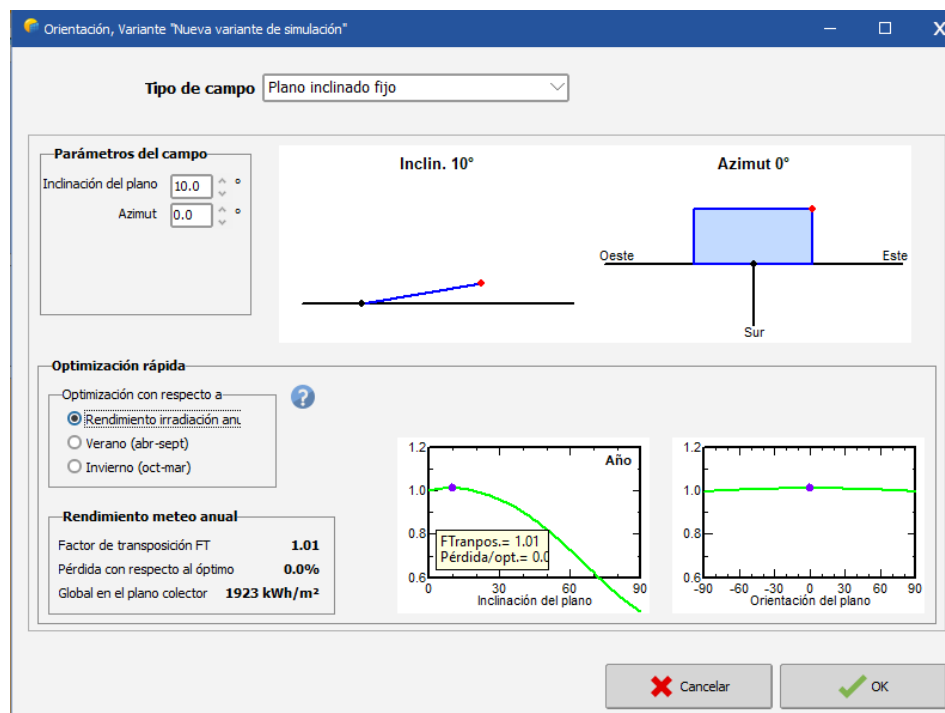
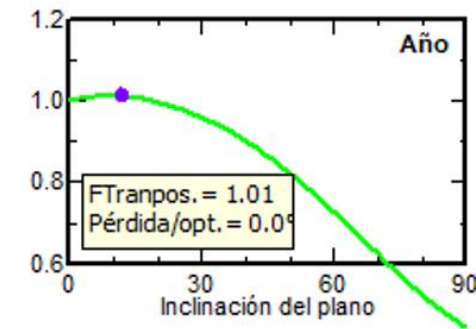


Ilustración 16 Ángulo de inclinación. Fuente: PVsyst (2022).

El factor de transposición ($F_{Tranpos}$) tiene un valor de 1.01 el cual representa la relación entre la irradiación incidente en el plano y la irradiación horizontal. Es decir, lo que se gana (o se suelta) al inclinar el plano del colector y la pérdida óptima durante todo el año tiene un valor de cero. (Grafica 9).



Gráfica 9 Ángulo óptimo. Fuente: Guerrero Zambrano (2022).

La ilustración 17, se observan las características de las necesidades del usuario, donde el tipo de perfil de carga seleccionado para el diseño es perfiles diarios constantes durante todo el año basados en el análisis de la tabla 16 de consumo energético por horas.

Definición de necesidades del usuario Variante: "Nueva variante de simulación", Variant: "Nueva variante de simulación"

Comentario: Nuevo Necesidades del usuario

Características generales Perfil diario Gráfico

Tipo de perfil de carga

- ☐ Carga ilimitada (red)
- ☐ Consumo constante fijo
- ☐ Valores mensuales
- ☒ Perfiles diarios
- ☐ Perfiles de probabilidad
- ☐ Consumidores domésticos
- ☐ Cargar valores de un archivo CSV por hora/diario

Perfiles diarios:

- ☒ Constante durante el año
- ☐ Modulación estacional
- ☐ Normalización mensual
- ☐ Modulación semanal

Necesidades del usuario: energía anual definida

Potencia promedio	3.88 kW
Energía anual	34.0 MWh/año

Info sistema: Conjunto FV definido

Potencia FV nominal	26.1 kWp
Rendimiento estimado del sistema	34.6 MWh/año
P _{nomFV} / P _{Carga} promedio	6.72 Proporción P _{nom}
P _{nomFV} / P _{Carga} máx.	4.40 Proporción P _{nom}

Modelo

Carga Guardar

Imprimir Cancelar OK

Ilustración 17 Selección de perfil de carga para la necesidad del usuario. Fuente: PVsyst 2022.

Se observa el perfil diario de consumo constante durante el año y la gráfica de valores de consumo energético por hora. (Ver ilustración 18)

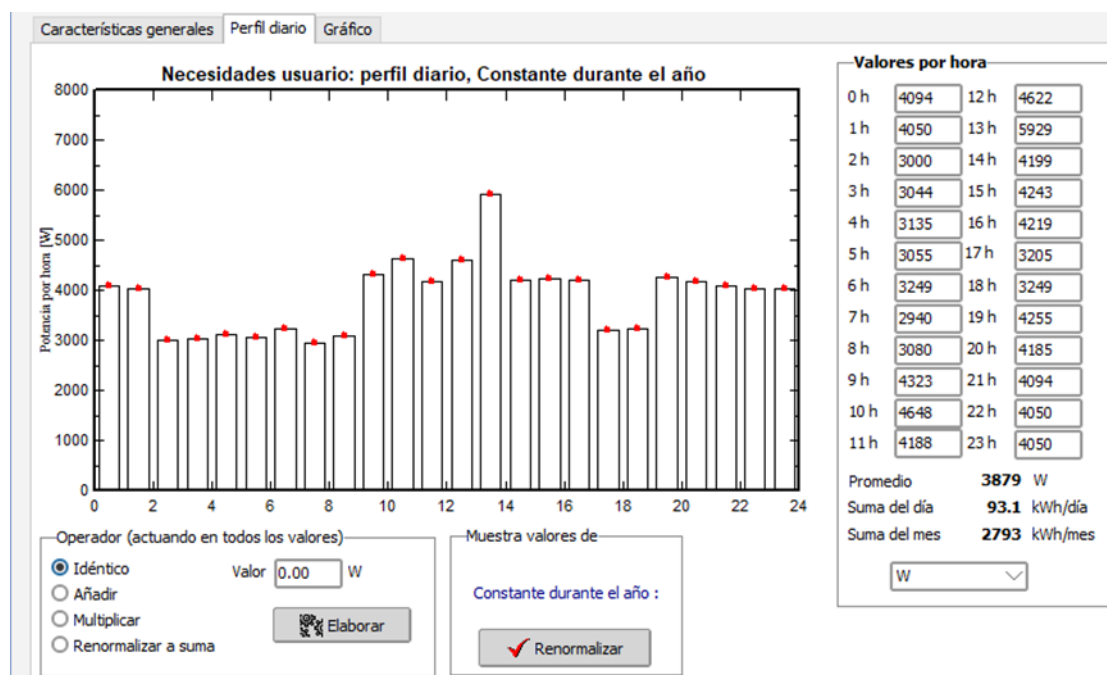
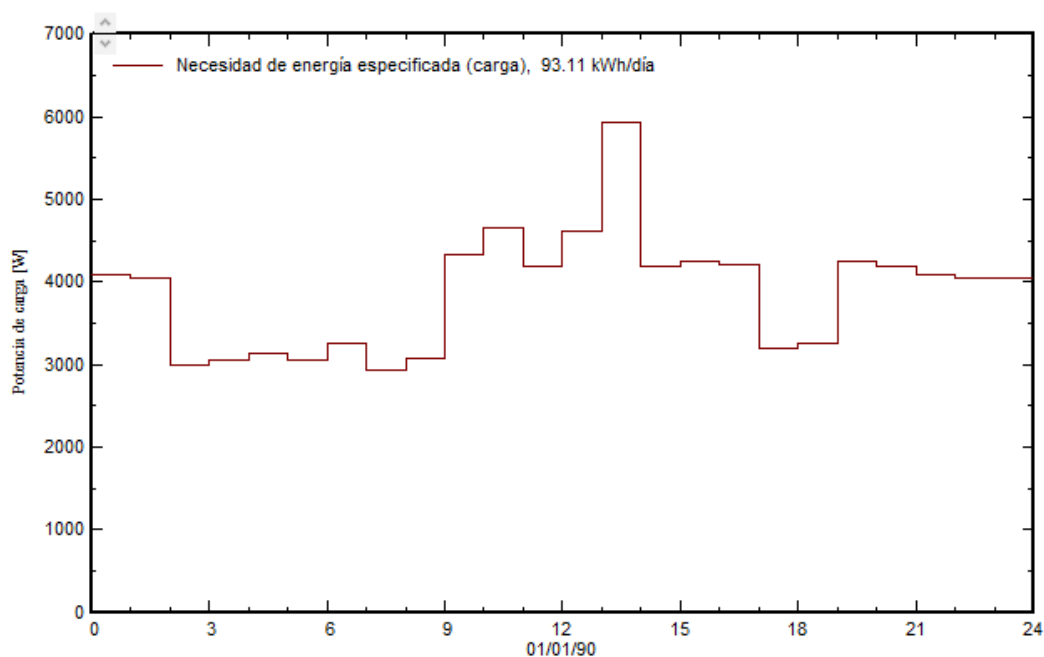


Ilustración 18 Necesidades de usuario: Perfil diario, constante durante el año.
Fuente: PVsyst 2022.

En la gráfica 10 se observa la necesidad del usuario y la hora pico de consumo energético se presenta entre las 11 a.m. hasta las 2 p.m.



Gráfica 10 Necesidades de usuario: Perfil diario, constante durante el año.
Fuente: PVsyst 2022.

El voltaje del sistema fue elegido de acuerdo a las condiciones dadas por el software que establece un rango de potencia y su aplicación, como se puede observar en la ilustración 19 encontramos los datos de voltaje del sistema, días de autonomía y PLOL que es el porcentaje del total año que te quedas corto de potencia por mal tiempo.

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado **5.0** % **?** Voltaje de la batería (usuario) **48** V **?**
93.1 kWh/día Ingrese autonomía solicitada **1.5** día(s) **?** Capacidad sugerida **3423** Ah
 Pre-dimens. detallado Potencia FV sugerida **25870** Wp (nom.)

Ilustración 19 definición de parámetros iniciales del sistema. Fuente: PVsyst 2022.

La selección de los módulos FV se elige de acuerdo a su tecnología y disponibilidad en el mercado, las características del módulo seleccionado se puede observar en la ilustración 21, dando como resultado 2 módulos en serie y 33 en paralelo para un total de 66 módulos. Posteriormente, los controladores que se necesitan son 9 unidades y se selecciona de acuerdo a su disponibilidad en el mercado en este caso de la marca Victron energy, la ficha técnica se puede observar en la ilustración 22.

Seleccione el módulo FV
 Todos los módulos Ordenar módulos ☒ Potencia ☐ Tecnología
 Jinkosolar 395 Wp 35V Si-mono JKM395M-72H Desde 2020 Datasheets 2020 **Abrir**
 Voltajes de dimensionamiento : Vmpp (43°C) **38.1 V**
 Voc (15°C) **51.0 V**

Seleccione el modo de control y el controlador
☒ Controlador universal **Victron** Convertidor de potencia MPPT
 Corriente máx. de carga-descarga
 Modo operativo: ☐ Acoplamiento directo ☒ Convertidor MPPT ☐ Convertidor CC-CC
 MPPT 2600 W 48 V 100 A 100 A SmartSolar MPPT 150/100 48V **Abrir**
 Número controladores **9** ☒ Voltaje de operación MPP **53-145 V** Potencia controlador **23.4 kW**
 Voltaje máximo de entrada **150 V** Batería asociada **48 V**

Diseño del conjunto FV
Número de módulos y cadenas debe ser/estar:
 Mód. en serie **2** ☒ entre 2 y 2
 Núm. de cadenas **33** ☒ entre 27 y 40
 Pérdida sobrecarga **0.0%** **?**
 Proporción Pnom **1.11**
Núm. de módulos 66 Área 133 m²

Condiciones de operación:
 Vmpp (43°C) **76 V**
 Vmpp (20°C) **83 V**
 Voc (15°C) **102 V**
 Irradia. plano **1000 W/m²**
 Imp (STC) **383 A**
 Isc (STC) **342 A**
 Isc (en STC) **338 A**
 Potencia de funcionamiento máx. **30.4 kW**
 (en 1000 W/m² y 50°C)
Potencia nom. conjunto (STC) 26.1 kWp

Ilustración 20 Selección de módulos FV y controlador de carga. Fuente: PVsyst 2022.

SPECIFICATIONS										
Module Type	JKM395M-54HL4		JKM400M-54HL4		JKM405M-54HL4		JKM410M-54HL4		JKM415M-54HL4	
	JKM395M-54HL4-V		JKM400M-54HL4-V		JKM405M-54HL4-V		JKM410M-54HL4-V		JKM415M-54HL4-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	395Wp	294Wp	400Wp	298Wp	405Wp	301Wp	410Wp	305Wp	415Wp	309Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	30.32V	28.26V	30.42V	28.42V	30.52V	28.56V	30.62V	28.72V	30.79V	28.88V
Maximum Power Current (Imp)	13.03A	10.40A	13.15A	10.47A	13.27A	10.55A	13.39A	10.62A	13.48A	10.69A
Open-circuit Voltage (Voc)	36.90V	34.83V	36.98V	34.90V	37.06V	34.98V	37.14V	35.05V	37.31V	35.21V
Short-circuit Current (Isc)	13.71A	11.07A	13.78A	11.13A	13.85A	11.19A	13.92A	11.24A	14.01A	11.32A
Module Efficiency STC (%)	20.23%		20.48%		20.74%		21.00%		21.25%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

Ilustración 21 Característica del módulo FV. Fuente:
<https://www.solaire.com.co/wp-content>.

Controlador de carga SmartSolar	150/45	150/60	150/70	150/85	150/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 36V 1a,b)	1950W	2580W	3000W	3600W	4350W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	50A (máx. 30A por conector MC4)			70A (máx. 30A por conector MC4)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VEDirect o Bluetooth)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VEDirect o Bluetooth)				
Tensión de carga de "ecualización"	Valores predeterminados: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (regulable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Altura máxima de trabajo	5.000 m (fpotencia nominal completa hasta los 2.000 m)				
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados				
Grado de contaminación	PD3				
Puerto de comunicación de datos	VEDirect o Bluetooth				
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)				
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A		Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC		
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
CARCASA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 3)	35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4)			35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4)	
Bornes de la batería	35mm ² / AWG2				
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3 kg			4,5 kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm			Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103	
NORMAS					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia. 1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V. 2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador. 3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)					

Ilustración 22 Ficha Técnica del Controlador Carga Solar 40A PWM 12/24VDC AllPowers. Fuente: <https://autosolar.co/controladores-de-carga-mppt/controlador-carga-smartsolar-mppt-150100-tr-victron-energy>.

De la ilustración 23 se puede inferir que se tiene 12 arreglos en paralelo y cada arreglo tiene 4 baterías en serie para un total de 48 baterías, con una capacidad de 296 Ah y la capacidad global del sistema es de 3552 Ah.

—Especifique el conjunto de batería—

Ordenar baterías por ☒ voltaje ☐ capacidad ☐ fabricante

Todos los fabricantes 12 V 296 Ah Pb Sealed Plates 12-CS-11PS Rolls

Plomo-ácido

4 ☒ baterías en series ☐ baterías en paralelo

Número de baterías **48**

12 ☒ baterías en paralelo

Número de elementos **288**

100.0 % Estado inicial de desgaste (núm. de ciclos)

100.0 % Estado inicial de desgaste (estático)

Voltaje paquete de baterías **48 V**

Capacidad global **3552 Ah**

Energía almacenada (80% DOD) **136 kWh**

Peso total **6432 kg**

Núm. de ciclos a 80% DOD **1984**

Energía total almacenada durante la vida útil de la batería **300 MWh**

Ilustración 23 Selección de la batería. Fuente: PVsyst.

Para seleccionar el inversor fue necesario aplicar la ecuación 11, eligiendo un valor al factor de simultaneidad de 0.8 bajo el criterio de los dispositivos conectados en un periodo de tiempo, todo esto genera un resultado de potencia del inversor de 6100 W, el inversor seleccionado se observa en la ilustración 24.

MODEL		PV33-1012 TLV	PV33-1024 TLV	PV33-1512 TLV	PV33-1524 TLV	PV33-2012 TLV	PV33-2024 TLV	PV33-3024 TLV	PV33-3048 TLV	PV33-4024 TLV	PV33-4048 TLV	PV33-5048 TLV	PV33-6048 TLV	
Inverter Output	Rated power	1KW		1.5KW		2KW		3KW		4KW		5KW	6KW	
	Power factor	1												
	Wave form	Pure sine wave / Same as input wave form (bypass mode)												
	Output voltage RMS	110V /120VAC (220V / 230V / 240VAC)												
	Output frequency	50Hz or 60Hz (±0.3Hz) (can be set)												
	Overload protection Output short circuit	Breaker + software protection												
	Inverter efficiency (peak)	>80%												
	Overload	100%<Load<110% (alarm 5min then stop output) / 110%<Load<125% (alarm 60s then stop output) / Load > 125% (alarm 10s then stop output)												
	Surge rating	3000VA		4500VA		6000VA		9000VA		12000VA		15000VA	18000VA	
Capable of starting electric motor	1P		1P		1.5P		1.5P		2P		3P			
Battery	Battery voltage	12VDC/24VDC						24VDC/48VDC						48VDC
	Minimum start voltage	11VDC/22VDC/44VDC												
	Low battery voltage cut off	(Low voltage fault code04)10/10.5/11V for 12V mode (*2 for 24VDC / *4 for 48VDC)												
	Low battery voltage alarm	Add 0.5V / battery:(Low battery alarm one second one time) (10/10.5/11V)+0.5VDC for 12V mode (*2 for 24VDC / *4 for 48VDC)												
	High battery voltage alarm	Add 1V/battery:(High battery one second one time /after 30s fault 03) (13.8-14.5V)+1V for 12V mode (*2 for 24VDC/*4 for 48VDC)												
	Save mode	Loads ≤ 40W (110V) / 80W (220V)												
AC Input Mode	Input waveform	Pure sine wave												
	Nominal input voltage	220Vac / 230Vac / 240Vac												
	Max input voltage	270Vac MAX												
	Input frequency	50Hz / 60Hz (auto sensing)												
	Efficiency (AC mode)	>95% (load, full battery)												
	Transfer time AC to DC	15ms(max)												
Solar Charger	Maximum PV Array Power	1250W	2500W	1250W	2500W	1250W	2500W	2500W	5000W	2500W	5000W	5000W	5000W	
	Maximum PV Charge Current	80A												
	DC Voltage	12V/24V						24V/48V				24V/48V		
	MPPT Range @ Operating Voltage	16~95VDC @ 12V / 30~130VDC @ 24V						30~130VDC @ 24V / 60~130VDC @48V				60~130VDC @48V		
	Maximum PV Array Open Circuit Voltage	100±2Vdc/145±2Vdc						145±2Vdc				145±2Vdc		
	Maximum Efficiency	>98%												
	Standby Power Consumption	<2W												
Charge Mode	Boost voltage	14.1V(Default) Range of adjustment 13.8-14.5V / *2 for 24VDC / *4 for 48VDC (Regulation step 0.1V)												
	Float voltage	13.5V(Default) Range of adjustment 13.5-13.7V / *2 for 24VDC / *4 for 48VDC (Regulation step 0.1V)												
	12V	30A		45A		60A		\\		\\		\\		
	24V	20A		25A		30A		40A		60A		\\		
	48V	\\		\\		\\		20A		30A		35A 40A		
	Min charge current 10A. Change by every 5A													
Dimensions	Dimensions (W*H*D)	277*196*466mm								277*186*621mm				
	Ship Dimensions (W*H*D)	376*306*592mm								376*296*747mm				
	Warranty	One year (standard), 2 years optional (IP20)												

Ilustración 24 Ficha técnica del inversor. Fuente: solartex.

UZV1350-2

2V 1350AH

OPzV

Ultracell®
 Quality in Every Language

UZV1350-2



Physical Specification

Part Number	UZV1350-2
Length	233 ± 2 mm
Width	210 ± 3 mm
Container Height	646 ± 3 mm
Total Height (with terminal)	681 ± 3 mm
Approx Weight	78.5 kg

Specifications

	Nominal Voltage	2V
	Nominal Capacity (120HR)	1350AH
Terminal Type	Standard Terminal	F11
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS (UL94:VO)
Rated Capacity	10hr, 1.80V/cell, 25°C	1000 AH/100.0A
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	865 AH/ 173A
	3hr, 1.75V/cell, 25°C	762 A H/254A
	1hr, 1.67V/cell, 25°C	568 AH/568A
Max Discharge Current	8000A (5s)	
Internal Resistance	Approx 0.45m Ω	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -20 ~ 55°C
		Charge: 0 ~ 40°C
		Storage: -20 ~ 50°C
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 250.0A.Voltage 2.40V~2.50V at 20°C(68°F)Temp. Coefficient -5mV/°C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 2.25V~2.30V at 20°C(68°F)Temp. Coefficient -3mV/°C
	Capacity affect by Temperature	40°C 103%
		25°C 100%
		0°C 86%
Design Floating Life at 20°C	20 Years	

Ilustración 25 Ficha técnica de batería estacionaria Ultracell.

Fuente: <https://autosolar.co/baterias-estacionarias/bateria-estacionaria-1350ah-2v-opzv-ultracell-uzv1350-2>.

En la siguiente tabla podemos encontrar el calibre que se necesita para cada tramo del sistema.

Tabla 20 Calibre de conductores Fuente: Autor

COMPONENTE 1	COMPONENTE 2	Longitud (m)	Máxima caída de tensión admisible	I (A)	V	S (mm ²)	AWG
generador	caja de conexiones	15	3%	112,53	48	51,5763	1/0
caja de conexiones	Regulador	10	3%	337,59	48	103,153	4/0
Regulador	Baterías	1	1%	337,59	48	30,9458	2
Regulador	Inversor	1	1%	127,08	48	11,6493	6
Inversor	Tablero TD	25	5%	2,65	127	0,45833	6

Para determinar el factor de sombra entre los paneles se aplicó la ecuación 15 y se utilizaron los valores determinados en la carta solar anteriormente mencionada, en la siguiente tabla se pueden observar los valores correspondiente a cada variable.

Tabla 21 Distancia de sombra. Fuente: Autor.

Ángulo de inclinación (β)	10	grados
Medida del largo del panel	1,822	M
Altura elevada del panel	1	M
Elevación solar (Y_s)	24	grados
Azimut solar (Y_s)	115	grados
Distancia de sombra (D_s)	1,250	M
Factor de seguridad	15	%
distancia de sombra (D_s)	1,437	1,5 m

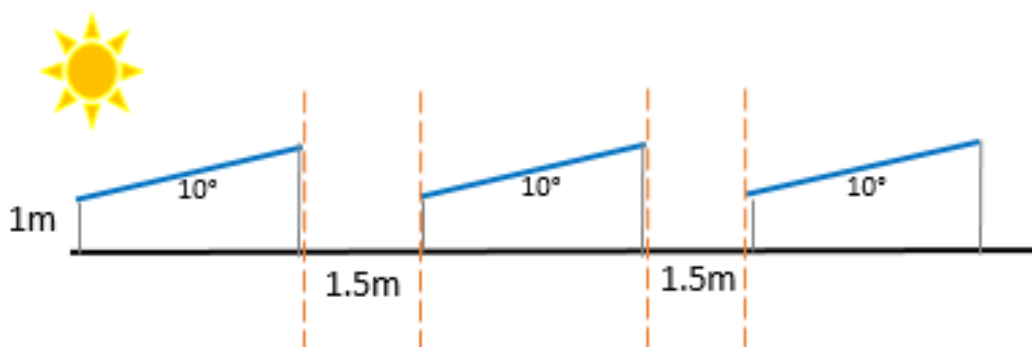


Ilustración 26 Distancia entre cadenas. Fuente: Autor.

8. Diseño de sistema FV en AutoCAD

Se utilizaron 3 string (número de cadena) en el diagrama unifilar de 33 paneles en paralelo por 2 en serie, con la finalidad de reducir los niveles de corriente y tener un aprovechamiento del área. Cada cadena tiene una distancia de 1.5 m para evitar que se genere sombra.

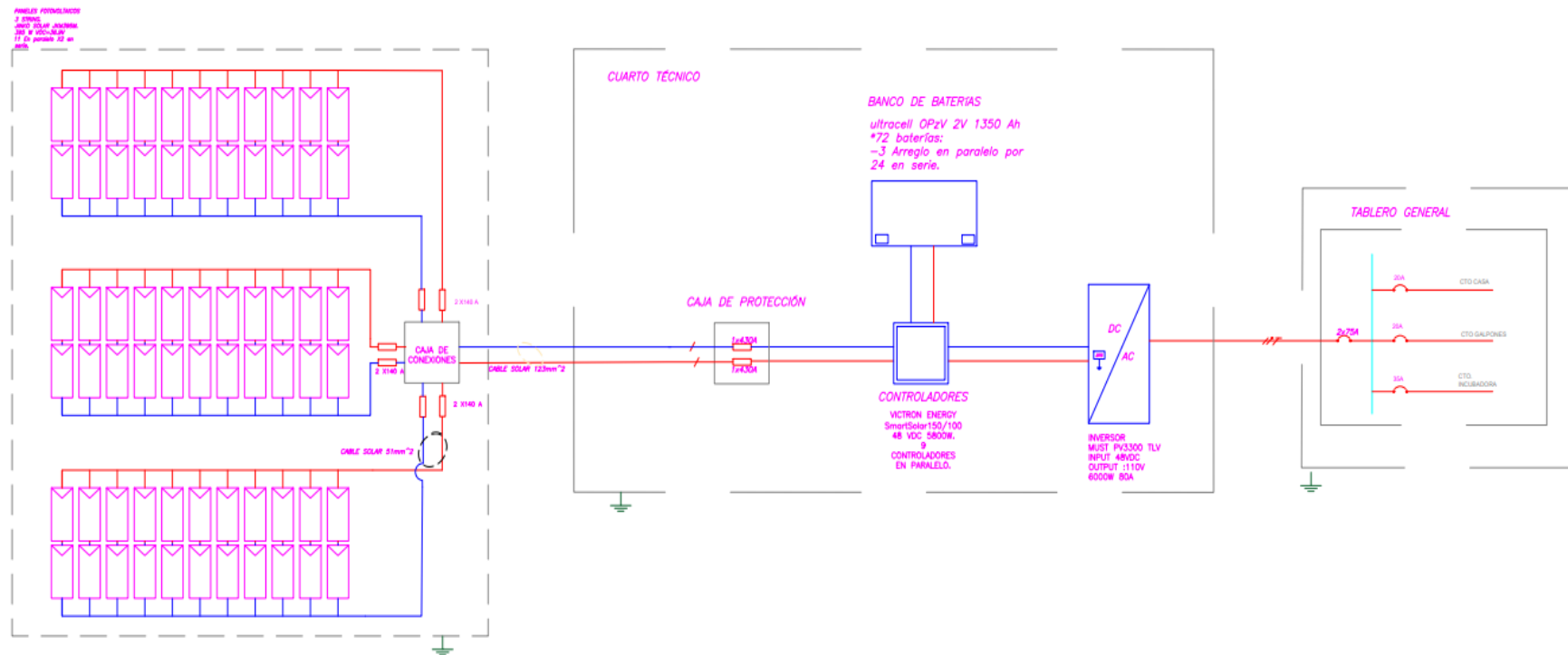


Diagrama unifilar 1 Diseño FV de la granja de producción avícola. Fuente: Autor.

TABLERO GENERAL

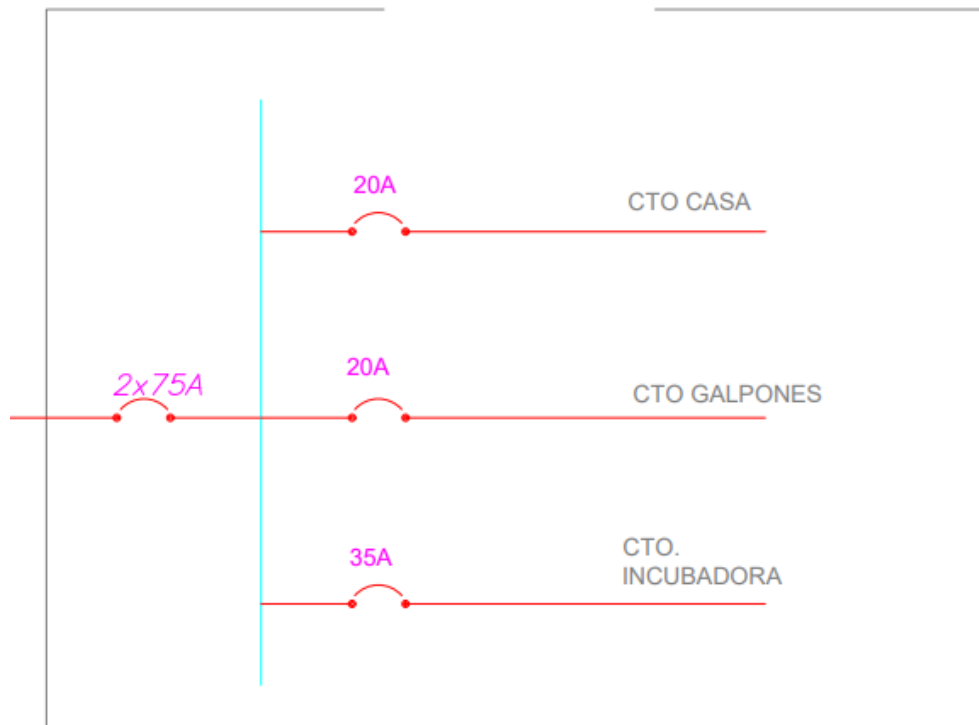


Diagrama unifilar 2 Circuitos de salida diseñados en AutoCAD.
Fuente: Autor.

En la tabla 21, se observa el precio de los dispositivos principales que se necesitan para implementar el sistema de energía FV.

Tabla 22 Análisis de precio a dispositivos principales.

	MARCA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
MÓDULO FV	jinko solar	66	\$ 791.000,00	\$ 52.206.000,00
BATERÍA	batería estacionaria ultracell	74	\$ 3.570.000,00	\$ 264.180.000,00
CONTROLADORES	victron energy	9	\$ 3.431.250,00	\$ 30.881.250,00
INVERSOR	voltronic power	1	\$ 4.900.000,00	\$ 4.900.000,00
				\$ 352.167.250,00

Fuente: Autor.

Conclusiones

La implementación de este modelo de energía solar FV permite al propietario de la granja de producción avícola garantizar un abastecimiento de energía cien por ciento solar, y llevar a cabo la realización de los procesos de incubación.

La aplicación de la metodología de evaluación de impacto ambiental donde se evalúan los recursos tales como agua, suelo, atmósfera, fauna, flora y recurso humano, tiene como resultado un nivel de vulnerabilidad moderado, lo que indica que presenta un nivel de riesgo menor referente a la contaminación ambiental.

La implementación del sistema fotovoltaico optimizará los procedimientos que se llevan a cabo en granja favoreciendo y beneficiando el sistema económico y productivo.

El diseño realizado en el software PVsyst, proporciona los dispositivos principales, generando un total de 66 módulos monocristalino FV, 9 controladores MPPT, 48 baterías y 1 inversor.

Recomendaciones

El sistema solar FV diseñado se le debe dar un mantenimiento preventivo, desde los módulos fotovoltaicos hasta el inversor, para evitar un bajo rendimiento en el sistema por suciedad, corrosión en los terminales y falsos contactos, como también se le debe hacer un chequeo al bloque acumulador para evitar una carga inadecuada en las baterías.

El terreno debe ser podado periódicamente para evitar que la malaza, bejuco u otro tipo de planta genere sombra sobre los módulos FV.

Bibliografía

A

Acevedo Blanco, V. L. (2013). Análisis de tecnologías fotovoltaicas y evaluación de sistemas solares fotovoltaicos conectados a red y autónomos utilizando la herramienta de simulación PVSYST: sistema híbrido de 4, 2KWP en Bogotá.

Adler Florencia, Berardi Mariano, García Pedrosa, Milagros Monticelli, Florencia, Morquecho, Manuel (2013), Energía Solar fotovoltaica, instalaciones industriales.

Añaguaya Capcha, E., & Escalante Mendoza, R. (2012). Diseño de controlador de carga de la microcentral Tocarani (Doctoral dissertation).

B

Bardales, J. (2016). Estudio de factibilidad para suministrar energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico en el centro poblado de Shungun región Amazonas, 2016. (Tesis de grado). Universidad Cesar Vallejo. Cajamarca, Perú.

C

Calle Londoño, D. A., Osorio, L., & Uribe, G. (2018). Una serie Epever Tracer Controlador de carga solar 24V 12 MPPT Solar 4215mn. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica, 35(3), 382-389.

Cantos serrano, Julián (2016), del libro configuración de instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid, España.

Chávez-González, E., Barja, L. D., Ortega, D. F., & Pérez-Rodríguez, A. (2018). Estimulación eléctrica permanente en región septal en pacientes con insuficiencia cardíaca secundaria a estimulación en ápex de ventrículo derecho. Archivos de cardiología de México, 88(5), 474-482.

Copetti, J. B., & Macagnan, M. H. (2007, April). Baterias em sistemas solares fotovoltaicos. In I CBENS-I Congresso Brasileiro de Energia Solar (p. 29). sn.

E

ESPEJO M, Cayetano. (2004). La energía solar fotovoltaica en España.
Soto, I. E. P. (2005). Celdas fotovoltaicas en generación distribuida. *Santiago de Chile*, 7.

G

Garrido Díez, D. (2020). Impacto de los semiconductores de banda prohibida ancha en el diseño de convertidores de potencia.

Gómez Zuluaga, E. A., Montoya Soto, A. A., & Borja Gil, V. H. (2016). Diagnóstico de necesidades y definición de estrategias correctivas para la instalación del sistema fotovoltaico aislado con luminaria tipo LED en la zona de parqueaderos de la IUPB.

H

Hoyos, D., Villena, M., Serrano, V. H., Farfán, F., Cadena, C., & Moya, T. (2011). Controlador de carga para un sistema fotovoltaico aislado. In Congreso Argentino de Sistemas Embebidos (pp. 158-162).

I

Iza, J. (2020). Diseño de una central fotovoltaica para abastecimiento de energía eléctrica del campus de la escuela técnica nacional. (Tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

L

Ley 1715 de 2014 Congreso de la República de Colombia. por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Mayo 13 de 2014.

Ley 697 de 2001 Congreso de la República de Colombia, LEY 697 DE 2001, vol. CXXXVII, no. 44573. 2001. Obtenido de: <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1666632>

M

Mercado, A. (2021). Informe de prácticas profesionales y análisis costo beneficio de la implementación de un sistema solar fotovoltaico en el bloque dos de la universidad cooperativa de Colombia seccional Santa Marta (tesis de grado) Universidad cooperativa de Colombia

O

Osorio Laurencio, L., & Montero Laurencio, R. (2016). Análisis energético de un sistema fotovoltaico integrado a una cubierta plana horizontal. *Ingeniería Energética*, 37(1), 45-54.

P

Pacheco Bautista, D., Cortés Rito, E., & Aguilar Acevedo, F. (2019). Diseño de un controlador de carga de tres etapas para sistemas fotovoltaicos usando lógica difusa. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(4), 540-550.

Paipa, E. A. L., Serrano, M. A. L., & Mora, S. B. S. (2018). Controlador de carga PWM eficiente y de bajo costo para sistemas fotovoltaicos autónomos. *Respuestas*, 23(S1), 6-13.

Paniagua Rolón, P. M., Barrios Aquino, F. J., & Villalba Bareiro, G. J. (2017). Controlador de Carga y Descarga de Baterías para Paneles Fotovoltaicos (Doctoral dissertation, Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este).

Paternina, M. A., Villalba, L. C. O., Núñez, J. L. I., & López, R. A. Á. (2012). Diseño de prototipo de sistema solar fotovoltaico optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares. *Prospectiva*, 10(1), 97-107.

Peña Ordoñez, C. (2011). Estudio de baterías para vehículos eléctricos (Bachelor's thesis).

Pérez, M. y Rodríguez, Y. (2019). Installation of a Photovoltaic Power Plant at Health Center. Universidad de ciencias pedagógicas Enrique J. Varona. Cuba.

POTOSINOS, U. (2019). Energía solar fotovoltaica.

R

Ramírez, A. C., Duque, F. V., & Velásquez, J. A. V. (2014). Diseño multiobjetivo de un sistema híbrido eólico-solar con baterías para zonas no interconectadas. *Tecnura*, 18(39), 77-93.

Reiter, R. A., de Oliveira Reiter, R. D., & Pérez, A. (2014). Controlador de carga de acordo com a portaria 396 do INMETRO. Universidade Regional de Blumenau.

Rodríguez, M., Vázquez, A., Vélez, A. y Saltos, W. (2018). Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales. *Revista Científica*, 33(3), 265-274.

S

Silva, J., Asenjo, B., Vela, N., & Chenlo, F. (2012, June). Caracterización de módulos fotovoltaicos de diversas tecnologías en el marco del proyecto INNDISOL. In *Proceedings of the XV Congreso Ibérico y X Congreso Iberoamericano de Energía Solar*, Vigo, Spain (pp. 19-22).

Soto, I. E. P. (2005). Celdas fotovoltaicas en generación distribuida. Santiago de Chile, 7.

T

Tena García, J. L. (2012). Implementación de un sistema híbrido eólico-solar de pequeña capacidad para la producción de energía eléctrica destinada a la iluminación.

U

Ullán Comes, M., Fernández-Martínez, P., Hidalgo, S., Flores, D., & Giulio Villani, E. (2017). Transistor tipo jfet y método de obtención del mismo.

UPME, U. (2014). Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la ley 1715 de 2014. Obtenido de: https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf

V

Villacrés, L. y Suárez, A. (2011) Estudio de factibilidad para instalación de paneles fotovoltaicos en la residencia estudiantil de la universidad de GRANMA. Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas. UTC. Latacunga. 76 p. Obtenido de: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/866>

W

Wendling Júnior, J. M. D. A. (2016). Propuesta de controlador de carga com MPPT utilizando LabVIEW.

ANEXOS

Informe de diseño generado por PVsyst.



PVsyst V7.2.14

VCO, Fecha de simulación:
23/06/22 14:36
con v7.2.14

Proyecto: SISTEMA OFF GRID ECO-GRANJA

Variante: Nueva variante de simulación

Resumen del proyecto		
Sitio geográfico	Situación	Configuración del proyecto
EL PALMAR	Latitud 9.04 °N	Albedo 0.26
Colombia	Longitud -74.10 °W	
	Altitud 27 m	
	Zona horaria UTC-5	
Datos meteo		
EL PALMAR		
Meteonorm 8.0 (1991-2007), Sat=100% - Sintético		

Resumen del sistema			
Sistema independiente	Sistema independiente con baterías		
Orientación campo FV	Necesidades del usuario		
Plano fijo	Perfil diario		
Inclinación/Azmut 10 / 0 °	Constante durante el año		
	Promedio 93 kWh/Día		
Información del sistema	Paquete de baterías		
Conjunto FV	Tecnología Plomo-ácido, sellado, Gel		
Núm. de módulos 66 unidades	Núm. de unidades 72 unidades		
Prom total 26.07 kWp	Voltaje 48 V		
	Capacidad 4089 Ah		

Resumen de resultados					
Energía disponible	40725 kWh/año	Producción específica	1562 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR	67.19 %
Energía usada	33521 kWh/año			Fracción solar (SF)	98.64 %

Tabla de contenido	
Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del conjunto FV, Pérdidas del sistema.	3
Necesidades detalladas del usuario	5
Resultados principales	6
Diagrama de pérdida	7
Gráficos especiales	8
Costo del sistema	9

Parámetros generales

Sistema independiente

Orientación campo FV

Orientación

Plano fijo

Inclinación/Azmut 10 / 0 °

Necesidades del usuario

Perfil diario

Constante durante el año

Promedio 93 kWh/Día

Sistema independiente con baterías

Configuración de cobertizos

Sin escena 3D definida

Modelos usados

Transposición Perez

Difuso Perez, Meteorism

Circunsolar separado

Carga por hora	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	4.09	4.05	3.00	3.04	3.14	3.05	3.25	2.94	3.08	4.32	4.65	4.19	kW
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	kW
	4.62	5.93	4.20	4.24	4.22	3.21	3.25	4.26	4.18	4.09	4.05	4.05	kW

Características del conjunto FV

Módulo FV

Fabricante

Generic

Modelo

JKM395M-72H

(Base de datos PVsyst original)

Unidad Nom. Potencia

395 Wp

Número de módulos FV

66 unidades

Nominal (STC)

26.07 kWp

Módulos

33 Cadenas x 2 En series

En cond. de funcionam. (50°C)

Pmpp

23.77 kWp

U mpp

74 V

I mpp

321 A

Controlador

Fabricante

Generic

Modelo

SmartSolar MPPT 150/100 48V

Núm. de unidades

9 unidades

Tecnología

Convertidor MPPT

Coef. temp.

-2.7 mV/°C/Elem.

Convertidor

Eficiencias máx y EURO

98.0 / 96.0 %

Potencia FV total

Nominal (STC)

26 kWp

Total

66 módulos

Área del módulo

133 m²

Área celular

118 m²

Batería

Fabricante

Generic

Modelo

A600 12 OPzV 1400

Tecnología

Plomo-ácido, sellado, Gel

Núm. de unidades

3 en paralelo x 24 en series

Descarga mín. SOC

10.6 %

Energía almacenada

175.4 kWh

Características del paquete de baterías

Voltaje

48 V

Capacidad nominal

4089 Ah (C10)

Temperatura

Promedio entre fijo 27 °C

y Exterior

Control de gestión de la batería

Comandos de umbral como

Voltaje de batería

Cargando

54.2 / 50.1 V

SOC corresp.

0.90 / 0.75

Descarga

45.2 / 48.9 V

SOC corresp.

0.11 / 0.45

Pérdidas del conjunto

Pérdidas de suciedad del conjunto

Fracción de pérdidas promedio

0.8 %

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
2.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%

Factor de pérdida térmica

Temperatura módulo según irradiancia

Uc (const)

29.0 W/m²K

Uv (viento)

0.0 W/m²K/m/s

Pérdidas de cableado CC

Res. conjunto global

3.8 mΩ

Frac. de pérdida

1.5 % en STC

Pérdida diodos serie

Caída de voltaje

0.7 V

Frac. de pérdida

0.9 % en STC

LID - Degradación Inducida por Luz

Frac. de pérdida

2.0 %

Pérdida de calidad módulo

Frac. de pérdida

-0.8 %

Pérdidas de desajuste de módulo

Frac. de pérdida

2.0 % en MPP

Pérdidas de desajuste de cadenas

Frac. de pérdida

0.1 %

Factor de pérdida IAM

Efecto de incidencia (IAM): Recubrimiento Fresnel AR, n(vídrío)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.661	0.440	0.000



Proyecto: SISTEMA OFF GRID ECO-GRANJA

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.14

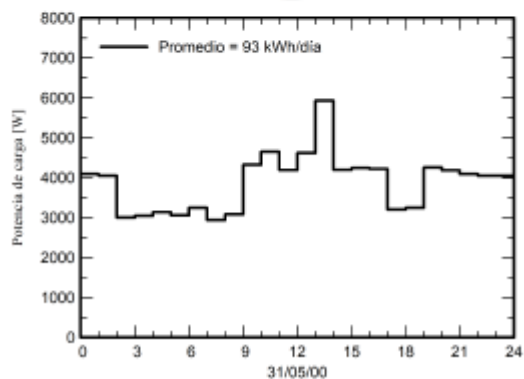
VCO, Fecha de simulación:
23/06/22 14:36
con v7.2.14

Necesidades detalladas del usuario

Perfil diario, Constante durante el año, promedio = 93 kWh/día

Carga por hora	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	4.09	4.05	3.00	3.04	3.14	3.06	3.25	2.94	3.08	4.32	4.65	4.19	kW
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	
	4.62	5.93	4.20	4.24	4.22	3.21	3.25	4.26	4.18	4.09	4.05	4.05	kW

Perfil diario



Proyecto: SISTEMA OFF GRID ECO-GRANJA

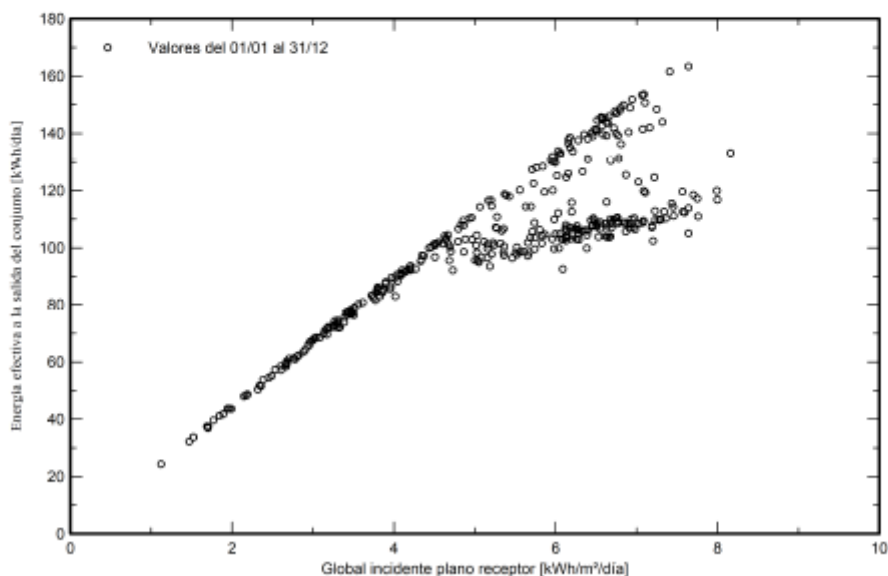
Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.14

VCO, Fecha de simulación:
23/06/22 14:36
con v7.2.14

Gráficos especiales

Diagrama entrada/salida diaria



Resultados principales

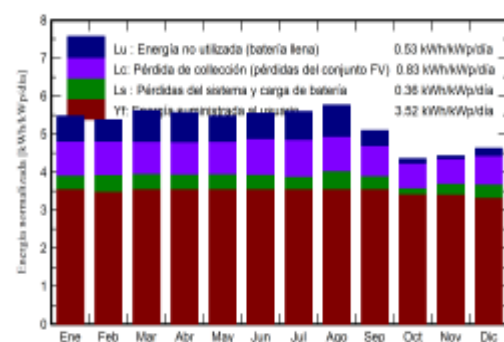
Producción del sistema

Energía disponible	40725 kWh/año	Producción específica	1562 kWh/kWp/año
Energía usada	33521 kWh/año	Proporción de rendimiento (PR)	67.19 %
Exceso (sin usar)	5044 kWh/año	Fracción solar (SF)	98.64 %
Pérdida de carga		Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste)	
Fracción de tiempo	1.4 %	Ciclos SOW	86.9 %
Energía faltante	463 kWh/año	SOW estático	88.0 %
		Duración de vida de batería	7.6 años

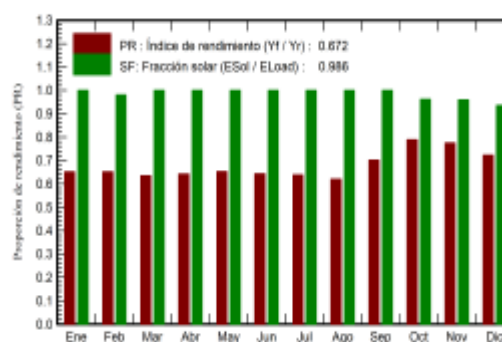
Evaluación económica

Inversión		Costo anual		LCOE	
Global	55828.68 USD	Anualidades	0.00 USD/año	Costo energético	0.05 USD/kWh
Específico	2.14 USD/Wp	Costos de func.	1779.90 USD/año		
		Periodo de recuperación	1.0 años		

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)

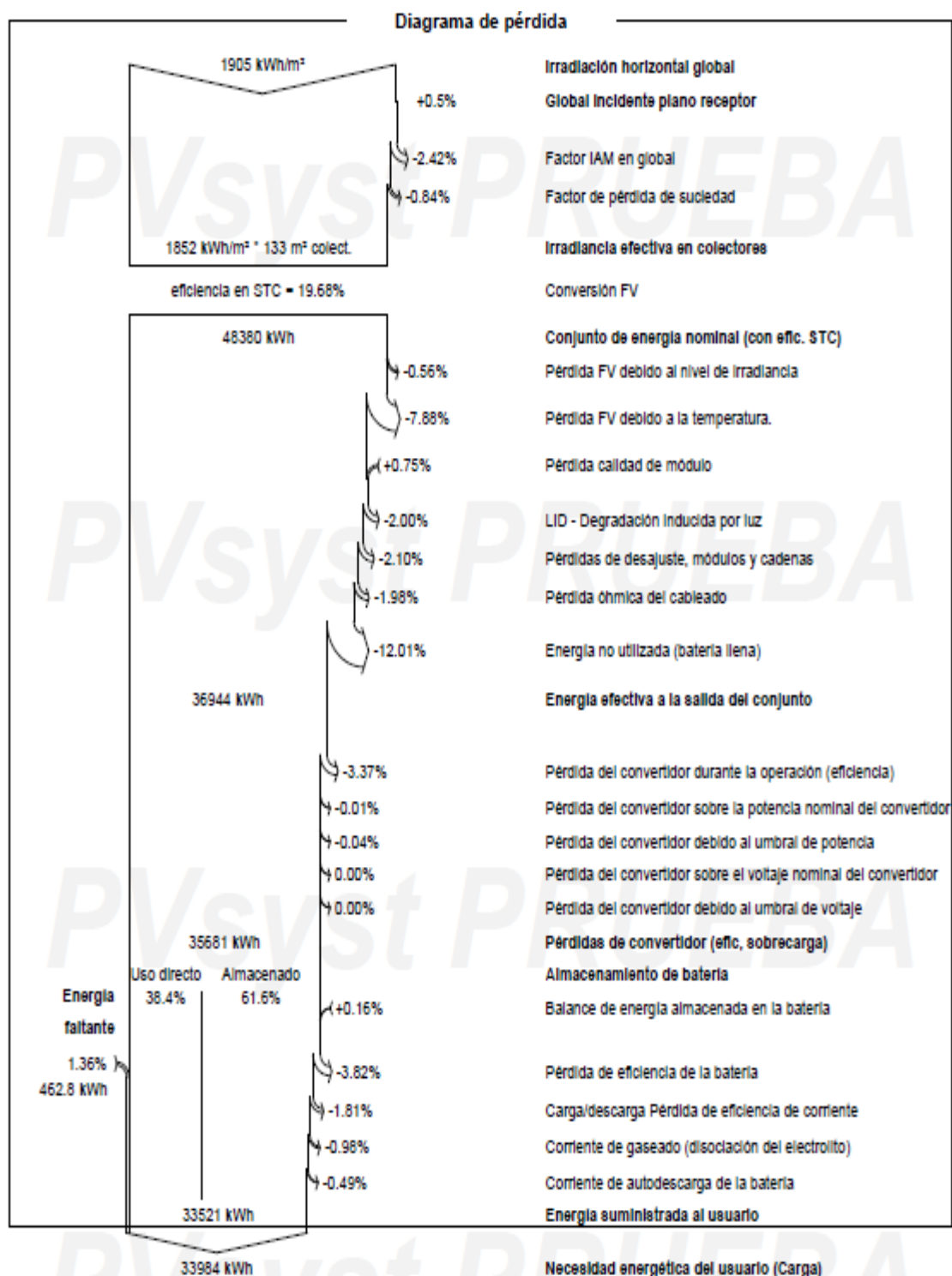


Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac proporción
Enero	156.6	163.2	3600	527.9	0.0	2886	2886	1.000
Febrero	142.9	144.2	3184	398.7	51.2	2556	2607	0.980
Marzo	171.3	170.4	3749	645.1	0.0	2886	2886	1.000
Abril	169.6	163.0	3584	597.3	0.0	2793	2793	1.000
Mayo	178.2	165.3	3626	531.0	0.0	2886	2886	1.000
Junio	177.1	158.7	3501	516.8	0.0	2793	2793	1.000
Julio	183.8	165.2	3626	582.2	0.0	2886	2886	1.000
Agosto	183.8	174.3	3819	658.6	0.0	2886	2886	1.000
Septiembre	152.4	149.2	3261	303.5	0.0	2793	2793	1.000
Octubre	131.1	131.4	2891	83.7	112.3	2774	2886	0.961
Noviembre	125.2	129.2	2857	50.4	112.6	2681	2793	0.960
Diciembre	132.5	137.5	3028	148.3	186.7	2700	2886	0.935
Año	1904.5	1851.7	40725	5043.5	462.8	33521	33984	0.986

Leyendas

GlobHor	Irradiación horizontal global	E_User	Energía suministrada al usuario
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	E_Load	Necesidad energética del usuario (Carga)
E_Avail	Energía solar disponible	SolFrac	Fracción solar (EUtilizada / ECarga)



Ficha técnica de Panel solar marca Jinko, Tiger Pro 54HC 395-415 Watt.

www.jinkosolar.com

Jinko Solar
Building Your Trust In Solar

Tiger Pro 54HC 395-415 Watt

MONO-FACIAL MODULE

P-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

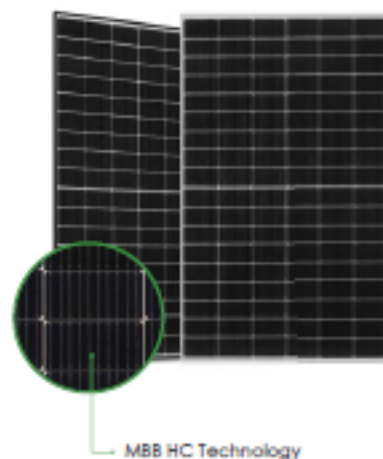
IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018

Occupational health and safety management systems



MBB HC Technology

Key Features



Multi Busbar Technology

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



Durability Against Extreme Environmental Conditions

High salt mist and ammonia resistance.



Reduced Hot Spot Loss

Optimized electrical design and lower operating current for reduced hot spot loss and better temperature coefficient.



Enhanced Mechanical Load

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

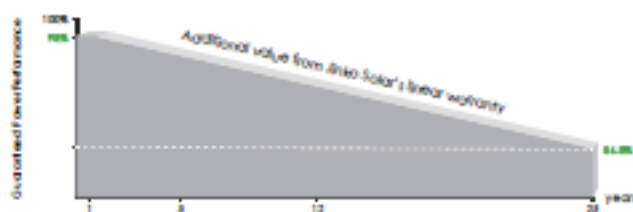


PID Resistance

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



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



15 Year Product Warranty

25 Year Linear Power Warranty

0.55% Annual Degradation Over 25 years

Engineering Drawings

Ficha técnica controlar de carga SmartSolar.

Controladores de carga SmartSolar con conexión de tornillo o FV MC4 MPPT 150/45 hasta MPPT 150/100



Controlador de carga SmartSolar
MPPT 150/100-Tr
Con pantalla conectable opcional.



Controlador de carga SmartSolar
MPPT 150/100-MC4
Sin pantalla



Detección de Bluetooth:
Smart Battery Sense

Bluetooth Smart integrado

La solución inalámbrica para configurar, controlar, actualizar y sincronizar los controladores de carga SmartSolar.

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En caso de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible

Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de *software* de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

Sensor opcional de la tensión y de la temperatura externas de la batería vía Bluetooth

Se puede usar un sensor Smart Battery Sense o un monitor de baterías BMV-712 Smart para comunicar la tensión y la temperatura de la batería a uno o más controladores de carga SmartSolar.

Función de recuperación de baterías completamente descargadas

Empezará a cargar incluso si la batería está descargada hasta cero voltios.

Se reconectará a una batería de ion litio completamente descargada con función de desconexión interna.

VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, PC u otros dispositivos.

On/Off remoto

Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

Relé programable

Se puede programar (entre otros, con un teléfono inteligente) para activar una alarma u otros eventos.

Opcional: pantalla LCD conectable

Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.



Controlador de carga SmartSolar	150/45	150/60	150/70	150/85	150/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 36V 1a,b)	1950W	2580W	3000W	3600W	4350W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	50A (máx. 30A por conector MC4)			70A (máx. 30A por conector MC4)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "ecualización"	Valores predeterminados: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (regulable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Altura máxima de trabajo	5.000 m (fpotencia nominal completa hasta los 2.000 m)				
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados				
Grado de contaminación	PD3				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth				
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)				
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A		Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC		
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
CARCASA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 3)	35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4)			35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4)	
Bornes de la batería	35mm ² / AWG2				
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3 kg			4,5 kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm			Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103	
NORMAS					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia. 1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V. 2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador. 3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)					

Ficha técnica de batería ultracell.

UZV1350-2

2V 1350AH

OPzV

Ultracell®
Quality in Every Language

UZV1350-2



Physical Specification

Part Number	UZV1350-2
Length	233 ± 2 mm
Width	210 ± 3 mm
Container Height	646 ± 3 mm
Total Height (with terminal)	681 ± 3 mm
Approx Weight	78.5 kg

Specifications

	Nominal Voltage	2V
	Nominal Capacity (120HR)	1350AH
Terminal Type	Standard Terminal	F11
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS (UL94:VO)
Rated Capacity	10hr, 1.80V/cell, 25°C	1000 AH/100.0A
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	865 AH/ 173A
	3hr, 1.75V/cell, 25°C	762 A H/254A
	1hr, 1.67V/cell, 25°C	568 AH/568A
Max Discharge Current	8000A (5s)	
Internal Resistance	Approx 0.45m Ω	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -20 ~ 55°C
		Charge: 0 ~ 40°C
		Storage: -20 ~ 50°C
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 250.0A.Voltage 2.40V~2.50V at 20°C(68°F)Temp. Coefficient -5mV/°C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 2.25V~2.30V at 20°C(68°F)Temp. Coefficient -3mV/°C
	Capacity affect by Temperature	40°C 103%
25°C 100%		
0°C 86%		
Design Floating Life at 20°C	20 Years	

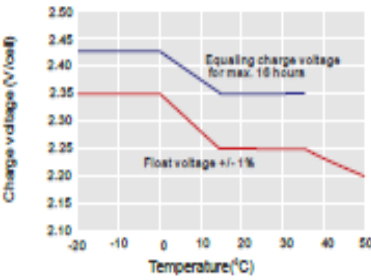
Constant Current Discharge (Amperes) at 20°C

F.V/Time	10min	15min	30min	1h	2h	3h	5h	8h	10h
1.85V/cell	682	648	558	445	295	228	157	110	93.7
1.80V/cell	839	784	650	502	324	249	169	118	100
1.75V/cell	992	877	693	522	333	254	173	119	102
1.70V/cell	1113	957	733	542	342	259	175	121	103
1.65V/cell	1196	1011	763	558	349	264	178	122	104
1.60V/cell	1251	1047	782	568	354	267	180	123	105

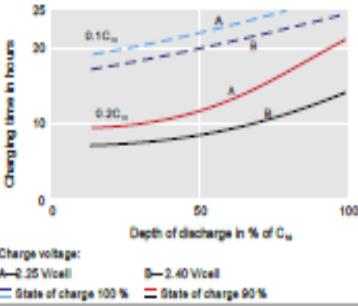
Constant Power Discharge (Watts) at 20°C

F.V/Time	10min	15min	30min	1h	2h	3h	5h	8h	10h
1.85V/cell	1268	1217	1066	862	574	446	309	217	186
1.80V/cell	1532	1452	1230	964	627	483	332	232	199
1.75V/cell	1782	1603	1298	997	641	492	337	236	201
1.70V/cell	1964	1724	1360	1029	654	500	341	238	203
1.65V/cell	2071	1793	1400	1051	665	507	345	241	205
1.60V/cell	2126	1830	1421	1062	670	511	347	242	206

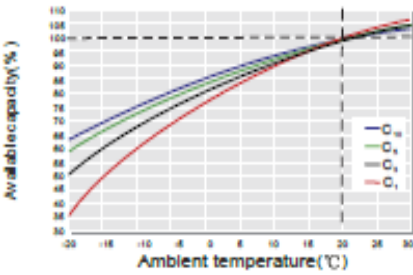
Temperature Effects in Relation to Charge Voltage



Charging Characteristics



Temperature Effects in Relation to Battery Capacity



Effect of Temperature on Long Term Float Life

