

## Facultad de Tecnología de la Industria

Diseño de un sistema solar  
fotovoltaico para la finca El  
Chipote, ubicada en el municipio de  
San Pedro de Lóvago, departamento  
de Chontales.

## Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Mecánico

**Elaborado por:**

**Tutor:**

Br. Dania  
Valeska Rizo  
Chavarría  
Carnet: 2016-  
0376U

Br. Francis  
Lisandra Reyes  
Hernández  
Carnet: 2016-  
0549U

Br. Diego Javier  
Román Juárez  
Carnet: 2016-  
0876U

Ing. María Teresa  
Castillo Rayo

19 de noviembre de 2022  
Managua, Nicaragua

## **Dedicatoria**

A Dios y a mis padres Danilo Bustillo y Mercedes Chavarría por haberme dado la existencia; y en ella la capacidad por superarme y desear lo mejor en cada paso por este camino difícil y arduo de la vida. Gracias porque su presencia ha ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy. A mi tutora, amigos y compañera de monografía Francis Reyes y a mi novio que me dieron apoyo y motivación para terminar mi formación como profesional.

**Dania Valeska Rizo Chavarría**

A Dios que nos dio la salud y vida para culminar los estudios, a mis padres Javier Román y Josefina Juárez por su comprensión y estímulo constante, además de su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios, agradezco a Marleth Morales que me motivó a culminar esta etapa de mi vida, así como mi tutora y todas las personas que de una y otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

**Diego Javier Román Juárez**

A Dios quien me ha guiado, a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante y concluir mi formación profesional. Agradezco a mi Madre Rosa Adilia Hernández Vega, por brindarme su cariño, apoyo, consejos y motivación para cumplir mis metas. Agradezco a mi Padre Fredy Reyes Escobar, por guiarme y protegerme, tus consejos y apoyo, que inculco en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación. A mis hermanos Krisbell Reyes, Ninoska Reyes y Fredy Reyes, quienes han creído en mí, a mis abuelos y demás familiares, en especial a Dania Rizo y mi tutora María Teresa Castillo.

**Francis Lisandra Reyes Hernández**

## Resumen

El presente estudio tiene como finalidad realizar el diseño de un sistema solar fotovoltaico autónomo, que sustente de energía eléctrica las instalaciones de la porqueriza “El Chipote” localizada en San Pedro de Lovago, Chontales, donde se pretende utilizar un sistema de calefacción con lámparas térmicas infrarrojas, para garantizar el confort térmico ideal a los lechones a lo largo de toda la lactancia y así se desarrollen en condiciones óptimas para su futuro uso en la industria porcina.

Se incluyen los conceptos principales relacionadas a los sistemas solares fotovoltaicos, una vez planteadas dichas definiciones, se procede a medir el consumo de energía en la porqueriza por medio de un estudio de demanda de carga, con el fin de la obtención de los kilowatts (kW) que necesitará el sistema.

Se realizan los cálculos para el dimensionamiento considerando la capacidad de cada uno de los componentes a utilizar en el sistema fotovoltaico autónomo, esto con el propósito de evitar el sobre o infra dimensionamiento de la cantidad de elementos que lo conforman, tomando en cuenta la demanda de carga de la porqueriza.

Posteriormente de realizados los cálculos y obtenido el dimensionamiento se procede a la elaboración de los planos de diseño del sistema solar fotovoltaico y las recomendaciones de mantenimiento para garantizar la vida útil del sistema.

## Índice

Introducción .....	1
Objetivos .....	2
General.....	2
Específicos .....	2
Justificación .....	3
Marco teórico.....	4
Energía Renovable.....	4
Energía Solar Fotovoltaica.....	4
Efecto Fotovoltaico.....	4
Sistema Solar fotovoltaico.....	4
Componentes del sistema solar fotovoltaico .....	5
Células o Celdas Fotovoltaicas.....	5
Factor de forma .....	6
Paneles o Módulos Fotovoltaicos.....	7
Inversor Solar.....	9
Regulador o Controlador de Carga .....	10
<i>N<sub>mp</sub></i> : número de módulos conectados en paralelo .....	11
<i>I<sub>m</sub></i> : corriente del punto de máxima potencia del módulo seleccionado.....	11
Baterías.....	11

Cableado .....	12
Montaje de paneles.....	16
Puesta a tierra.....	17
Mantenimiento de una instalación fotovoltaica.....	18
Diseño metodológico .....	20
Tipo de investigación .....	20
Ubicación y área de estudio .....	20
Población y muestra.....	21
Técnica de recolección y análisis de información.....	21
Procedimiento .....	22
CAPITULO I.....	23
Introducción.....	24
Ubicación del estudio.....	24
Calefacción de lechones .....	24
Dimensión de Corral de Maternidad y Destete.....	26
Lámparas Infrarrojas .....	27
Consumo eléctrico estimado .....	28
.....	29
.....	30
CAPITULO II .....	30

Introducción .....	31
Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico .....	32
Estimación del consumo .....	32
Dimensionado del generador fotovoltaico .....	36
Factor de sombra .....	37
Número total de módulos solares necesarios .....	40
Selección de la Batería .....	42
Selección del regulador de carga .....	46
Selección del inversor .....	47
.....	49
.....	49
Distancia entre módulos. ....	49
Cableado del Sistema .....	50
Calculo del dimensionamiento de las protecciones para la caja principal....	57
.....	60
Selección del protector contra sobrecargas (SPD). ....	61
CAPITULO III .....	64
Introducción .....	65
Diagrama Unifilar .....	65
Estructura de Soporte del Sistema Solar Fotovoltaico.....	67

Tipos de Estructuras o montajes .....	67
Selección del montaje del sistema .....	70
Plan de Mantenimiento del sistema solar fotovoltaico .....	73
Planes de mantenimiento más comunes .....	74
Plan de mantenimiento preventivo .....	74
CONCLUSIONES .....	82
RECOMENDACIONES .....	83
BIBLIOGRAFÍA .....	84
ANEXOS .....	89
.....	90

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> .....	8
<b>Figura 2:</b> .....	10
<b>Figura 3:</b> .....	13
<b>Figura 4:</b> .....	15
<b>Figura 5:</b> .....	16
<b>Figura 6:</b> .....	25
<b>Figura 7:</b> .....	26
<b>Figura 8:</b> .....	34
<b>Figura 9:</b> .....	37
<b>Figura 10:</b> .....	38
<b>Figura 11:</b> .....	45
<b>Figura 12:</b> .....	47
<b>Figura 13:</b> .....	49
<b>Figura 14:</b> .....	56
<b>Figura 15:</b> .....	60
<b>Figura 16:</b> .....	66
<b>Figura 17:</b> .....	68
<b>Figura 18:</b> .....	69
<b>Figura 19:</b> .....	69
<b>Figura 20:</b> .....	71
<b>Figura 21:</b> .....	72
<b>Figura 22:</b> .....	75

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> .....	29
<b>Tabla 2:</b> .....	37
<b>Tabla 3:</b> .....	38
<b>Tabla 4:</b> .....	39
<b>Tabla 5:</b> .....	40
<b>Tabla 6:</b> .....	51
<b>Tabla 7:</b> .....	51
<b>Tabla 8:</b> .....	54
<b>Tabla 9:</b> .....	58
<b>Tabla 10:</b> .....	61
<b>Tabla 11:</b> .....	63

## Introducción

La energía solar fotovoltaica tiene un campo de aplicación muy amplio, es utilizada en las comunicaciones, alumbrado público, electrificación de zonas sin suministro convencional, como casas aisladas o instalaciones agrícolas y ganaderas (ambientum.com, s.f.).

Los sistemas fotovoltaicos pueden ser conectados a la red, los cuales inyectan la energía que producen al Sistema Interconectado Nacional (SIN) y los autónomos son aquellos en los que se almacena la energía producida, en baterías, con un tiempo de autonomía establecido que permita disponer de su uso cuando sea requerido.

Según datos de la matriz de generación 2021 del 1 de enero hasta el 20 de junio de Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL, 2021), la energía solar en Nicaragua es de 10.48 GW/h, equivalente al 0.49%, de la energía total generada hasta la fecha.

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño de un sistema Solar Fotovoltaico Autónomo, que permita suplir la demanda energética que va a abastecer de energía, a lámparas infrarrojas de maternidad y destete, para el calentamiento de lechones en la finca "El Chipote" ubicada en el municipio San Pedro de Lóvago, departamento de Chontales, con el fin de reducir la mortalidad perinatal al mantener los cerdos a una temperatura promedio de 30 a 33 grados Celsius. Esta finca está ubicada a una Latitud N de 12° 07' 54.6" Longitud W 85° 08' y 13.8" a una Altitud de 359 msnm. El clima en esta zona es semi-húmedo, conocido como sabana tropical.

Para la elaboración del diseño del sistema solar fotovoltaico se determinó la demanda de energía eléctrica que abastecerá las lámparas infrarrojas, se tomarán en cuenta los factores ambientales que influirán en la captación de energía y se seleccionaran los equipos del sistema fotovoltaico.

## **Objetivos**

### **General**

- Diseñar un sistema solar fotovoltaico autónomo que suministre energía eléctrica a lámparas de radiación infrarroja con efecto de calor, para la disminución de la tasa de mortalidad de lechones en la finca “EL Chipote” San Pedro de Lóvago, Chontales.

### **Específicos**

- Estimar el consumo de energía en la porqueriza por medio de un estudio de demanda de carga, con el fin de la obtención de los kilowatts (kW) que necesitará el sistema.
- Realizar cálculos con ayuda del software SOLARIUS PV para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
- Elaborar los planos de diseño del sistema solar fotovoltaico (SSFV) a partir de los cálculos realizados.

## **Justificación**

Nicaragua cuenta con un potencial total para la generación con recursos renovables de 4,500 MW, del que solamente se aprovechan 450 MW, equivalente al 10%. La energía solar podría contribuir a los retos para lograr el bienestar económico y ampliar el desarrollo de la energía fotovoltaica a nivel nacional, especialmente en zonas donde no existe suministro de energía eléctrica.

A falta de acceso al sistema interconectado nacional (SIN), en zonas rurales del país y considerando la necesidad de solventar esta carencia, se pretende aprovechar los recursos limpios e inagotables que proporciona la naturaleza, además que su empleo brinda un sinnúmero de ventajas, siendo la más importante, reducir el efecto invernadero y proteger el planeta del cambio climático disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Dicha investigación tiene la intención de aprovechar la energía solar, empleando la tecnología fotovoltaica, y a través de esta fuente proveer calor a los lechones de la finca, para bajar la mortalidad perinatal que es la mayor causa de ineficacia en la producción animal, especialmente en la producción porcina. La mortalidad por hipotermia es una de las causas de muerte de los recién nacidos, debido a la pérdida de calor excesivo, por el bajo peso, falta de mamada y especialmente por falta de calor externo para los lechones.

Si se logra instalar el sistema solar fotovoltaico en la finca El Chipote ubicada en el departamento de Chontales, se espera que esta finca pueda ser acreditada por el Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA) como una finca ecológica.

Así esta finca podrá convertirse en ejemplo para vecinos y propietarios de la región porque hasta el momento la inversión en energías renovables es muy escasa a causa del alto costo de los sistemas fotovoltaicos en el país y falta de subsidios e incentivos al instalar sistemas de energías renovables.

## **Marco teórico**

### **Energía Renovable**

Se puede puntualizar como aquella energía que se consigue de recursos o principios naturales distintos al carbón y que se pueden recuperar o regenerar para otras aplicaciones. Las energías renovables no todas son limpias porque al desechar ciertos equipos en mal estado producen desechos contaminantes, pero hay energías limpias que vienen de desechos dañinos al medioambiente y se tornan amigables al ecosistema, además que la mayor parte de la energía renovable es proveniente del sol (Cortez, 2017).

### **Energía Solar Fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica consiste en aprovechar la radiación solar transformándola directamente en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico (Montoya Rasero, 2010-2011).

### **Efecto Fotovoltaico**

El efecto fotovoltaico es la conversión de la luz del sol en energía eléctrica. Esto se produce gracias a las propiedades del silicio, el cual cuando recibe los choques de los fotones del sol y absorbe su energía liberando un electrón y creando un circuito eléctrico. La suma de muchos paneles solares generará energía suficiente para abastecer grandes consumos de electricidad (Damia Solar, 2015).

El efecto fotovoltaico da inicio en el momento en el que un fotón choca con un electrón de la última órbita de un átomo de silicio. Éste último electrón se llama electrón de valencia. Recibe la energía transmitida por el fotón (En este caso el fotón no es más que una partícula de luz radiante) (Planas, 2015).

### **Sistema Solar fotovoltaico**

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de dispositivos eléctricos y electrónicos que generan electricidad a partir de la radiación solar a través del efecto fotoeléctrico. Los sistemas fotovoltaicos según su forma de conexión pueden

ser; On-Grid (conectados a la red) y Off-Grid (aislados a de la red) (Cepeda & Sierra, 2010).

### **Componentes del sistema solar fotovoltaico**

- Arreglo FV
- controladores de carga
- Baterías
- Inversor de corriente

### ***Células o Celdas Fotovoltaicas***

La célula fotovoltaica (FV) es el componente que se encarga de captar la energía contenida en la radiación solar y transformarla en energía eléctrica. En general, una célula FV es un diodo elaborado con material semiconductor. Geométricamente, tiene un tamaño aproximado de 10cm x 10cm y es de color azul oscuro, se agrupan y conforman los paneles FV. La mayoría de los paneles FV constan de 36 células FV (Pilco & Jaramillo, Sistemas fotovoltaicos para iluminación: Paneles Fotovoltaicos , 2010).

Según Cayetano, “una célula fotovoltaica está formada por dos laminas muy delgadas de materiales semiconductores que se superponen: la primera de ellas es un cristal de silicio con impurezas de fosforo, y la segunda, un cristal de silicio con impurezas de boro.” (Martín, 2004)

Cuando la radiación solar actúa sobre el material semiconductor provoca que se rompan los enlaces entre núcleo y electrones de valencia, los mismos que quedan libres para transitar por el material semiconductor, es decir, provoca corriente eléctrica en el interior de la célula, generando una fuerza electromotriz entre dos electrodos adosados, respectivamente a cada capa de la célula.

### ***Tipos de Celdas Fotovoltaicas.***

#### ***Celda solar Monocristalina.***

Este tipo de celda se obtiene cortando varias obleas de cristal de silicio puro y presenta una forma circular o hexagonal, liviana, de 15% a 20% de eficiencia, azul oscuro, brillo metálico. Cuando el material está en estado líquido, se inserta

una varilla con un "cristal semilla" de silicio. Esta varilla crece sobre nuevos átomos del líquido colocado en la estructura cristalina (Fagua & Bernal, 2015).

### ***Celda Solar Policristalina.***

En lugar de partir de un monocristal, se deja solidificar lentamente sobre un molde, en la pasta de silicio se forman pequeñas partículas que tienen el aspecto de una mezcla de cristales de diferentes tonalidades (azul y gris), su rendimiento es del 15% (Fagua & Bernal, 2015).

### ***Celdas Solares Amorfas.***

En estas celdas la estructura cristalina ordenada desaparece y el silicio se acumula para formar una fina capa de color marrón y gris oscuro (Fagua & Bernal, 2015). Funcionan bien a altas temperaturas y tienen un aspecto estético muy atractivo. Y también se usan a menudo en aplicaciones arquitectónicas.

### ***Factor de forma***

Es la relación entre la potencia máxima (o el producto de la corriente y la tensión en el punto de máxima potencia) y el producto de ISC y VOC. Su valor es más alto cuanto mejor es la célula. Por lo general, un valor bajo de FF está asociado con la existencia de pérdidas de eficiencia en el dispositivo, mientras que una célula de buena calidad suele tener valores superiores a 0.70. (F. Casellas)

$$FF = \frac{P_{mpp}}{V_{oc} * I_{sc}} = \frac{V_{mpp} * I_{mpp}}{V_{oc} * I_{sc}} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

$P_{mpp}$  = Potencia máxima (W)

$V_{mpp}$  = Tensión óptima operativa

$V_{oc}$  = Tensión de circuito abierto

$I_{sc}$  = Corriente cortocircuito

$I_{mpp}$  = Corriente óptima operativa

### ***Paneles o Módulos Fotovoltaicos***

Un panel solar es una moldura rectangular formada por un conjunto de células o celdas solares protegidas por vidrio anodizado y un marco de aluminio. La función principal de un panel solar es apoyar mecánicamente la celda solar y protegerla de los efectos del deterioro del clima. Un módulo típico tiene 36 celdas, por lo tanto, tendrán un voltaje de 18V, bajo condiciones estandarizadas (en función de la temperatura e irradianza) y un voltaje nominal de 12V (Pilco & Jaramillo, Sistemas Fotovoltaicos Para Iluminación: paneles Fotovoltaicos, 2008).

La corriente suministrada por el panel fotovoltaico es continua y útil para algunas aplicaciones, pero no es útil para aplicaciones que utilizan corriente alterna. Por este motivo, es posible que necesite un dispositivo electrónico denominado inversor de corriente que convierta la corriente generada por el panel en corriente alterna.

Cálculo del número total de módulos solares (Jorge Aguilera).

$$N_T = \frac{L_{mdcrit}}{P_{MPP} * HPS_{crit} * PR} \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

$L_{mdcrit}$ : Consumo medio diario mensual para el mes crítico.

$HPS_{crit}$ : Horas de sol pico del mes crítico calculado a partir de la "Tabla de Radiaciones"

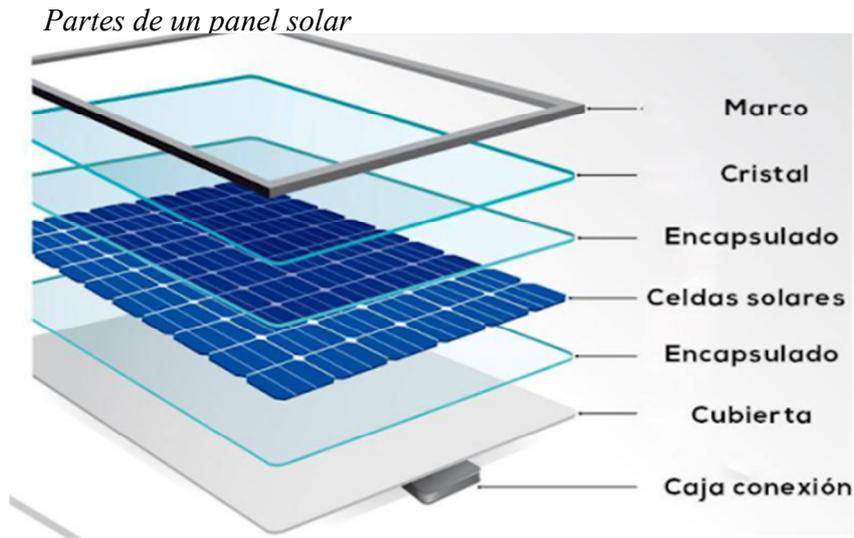
$P_{MPP}$ : Potencia pico del módulo en condiciones estándar de medida STC

$PR$ = factor global de pérdidas (usualmente entre 0.65 y 0.9)

### **Estructura del panel fotovoltaico**

Este conjunto de células está envuelto por unos elementos que le confieren protección frente a los agentes externos y rigidez para acoplarse a las estructuras.

Figura 1:



ras que los soportan. Los elementos son los siguientes. Elementos que componen un panel fotovoltaico. (Jorge

Aguilera).

*Nota. Adaptado de Paneles solares KDS Energía, Flickr*  
(<https://images.app.goo.gl/ZC7iyeFZv8ayoEM16>)

**Encapsulante:** constituido por un material que debe presentar una buena transmisión a la radiación y una degradabilidad baja a la acción de los rayos solares.

**Cubierta exterior de vidrio templado:** que, aparte de facilitar al máximo la transmisión luminosa, debe resistir las condiciones climatológicas más adversas y soportar cambios bruscos de temperatura.

**Cubierta posterior:** constituida normalmente por varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre los intersticios de las células, haciendo que vuelvan a incidir otra vez sobre éstas.

**Marco de aluminio:** Asegura rigidez y estanqueidad al conjunto, y que lleva los elementos necesarios para el montaje del panel sobre la estructura soporte.

**Caja de terminales o bornes de conexión:** incorpora los bornes para la conexión del módulo.

**Diodo de protección:** impiden daños por sombras parciales en la superficie del panel.

### ***Inversor Solar***

Estos son equipos electrónicos que permiten cambiar la señal de la corriente que reciben, puede ser de corriente continua a corriente alterna o viceversa. En el caso específico de los inversores fotovoltaicos su ocupación es convertir el voltaje que reciben de los paneles DC a una AC, con este cambio la energía eléctrica queda disponible para ser aprovechada (Salamanca, 2017).

La potencia del inversor se determina con la ecuación: (Mejía, 2019)

$$P_{inv} = P_{CA} F_S \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

$P_{inv}$ : Potencia del inversor

$P_{CA}$ : Potencia de las cargas en corriente alterna

$F_S$ : Factor de simultaneidad

### **Regulador o Controlador de Carga**

Es un dispositivo que controla el proceso de carga y descarga de una batería y evita que los módulos fotovoltaicos continúen cargando la batería a su capacidad máxima. Esto se logra inhabilitando o reduciendo la corriente del campo fotovoltaico (Mesa, Escobar, & Hincapie, 2009).

Regula el proceso de descarga impidiendo que el estado de carga de la batería alcance su valor mínimo cuando se está consumiendo la energía almacenada. Esto se da cuando se desconecta la batería de los circuitos de consumo. El regulador es también una fuente de información sobre los parámetros eléctricos de los arreglos fotovoltaicos. Puede proporcionar datos sobre voltaje, corriente, estado de carga de la batería (Mesa, Escobar, & Hincapie, 2009).

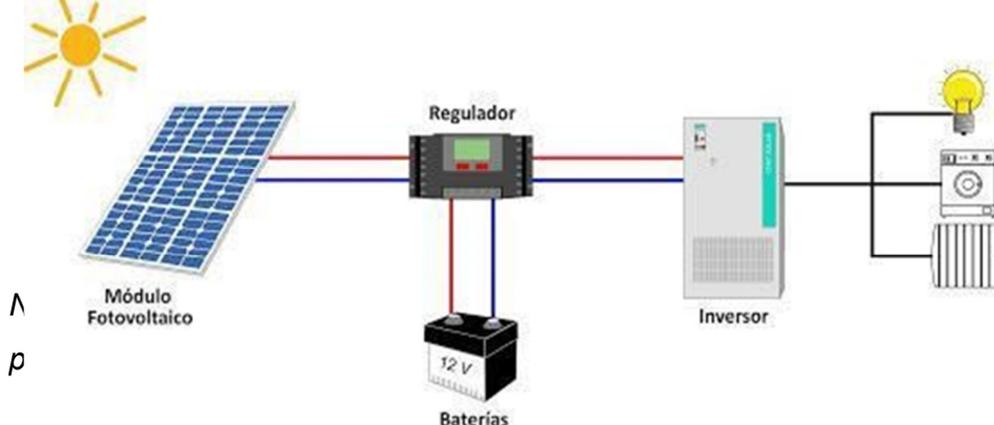
La selección del regulador de carga se realiza en función de la tensión nominal y de la corriente de operación. (Abella, 2010)

$$I_R = 1.2 N_{mp} I_m \quad \text{Ec.4}$$

Donde:

$I_R$ : Corriente máxima de operación del regulador

**Figura 2:**



$N_{mp}$ : número de módulos conectados en paralelo

$I_m$ : corriente del punto de máxima potencia del módulo seleccionado

### **Baterías**

Las baterías o acumuladores son dispositivos vitales para el funcionamiento de SSFV aislados, ya que son las encargadas de acumular la energía cuando hay radiación solar y posteriormente entregarla cuando no hay la suficiente radiación o en definitiva carece totalmente de esta, benefician al arranque de máquinas que requieren potencias elevadas (Salamanca, 2017).

Las baterías más utilizadas en los SFV son las de plomo-ácido de ciclo profundo. Estas baterías pueden ser descargadas hasta un 80% y pueden durar de 6-7 años con un mantenimiento adecuado, por lo tanto pueden ser la mejor opción para instalaciones solares con consumos medios y utilización todo el año, su característica más importante es su capacidad para soportar numerosas descargas completas sin mermar la vida útil ni dañar la batería. (Baterías para energía solar. conceptos y tipos de baterías. Energía Solar baterías, 2015) Estas pueden ser de líquido ventilado y selladas.

La cantidad de energía que puede almacenar la batería para un correcto funcionamiento está dada por la ecuación: (Mesa, Sanabria, & Pérez, 2015).

$$C_{md} = \frac{L_{md}}{P_{Dmax,d} F_{CT}} \quad \text{Ec.5}$$

Donde:

$C_{md}$ : Capacidad nominal de la batería.

$L_{md}$ : consumo medio diario del sistema fotovoltaico

$P_{Dmax,d}$ : Profundidad de descarga máxima diaria

$F_{CT}$ : Factor de corrección de temperatura

### **Cableado**

Es el conjunto de elementos compuestos por: conductores, aislaciones y soportes que permiten la circulación de una corriente eléctrica independientemente del valor de la tensión. Los materiales conductores más comunes son el cobre y el aluminio. El cobre tiene mayor conductividad y por lo tanto puede llevar más corriente que el de aluminio. El conductor puede ser sólido o flexible, los cuales tienen mayor ajuste en determinadas condiciones de instalación y son los más recomendados cuando se requieren grandes longitudes de cable.(Farina, 2001)

La clasificación de las canalizaciones de la energía eléctrica puede llevarse a cabo teniendo en cuenta los diversos parámetros con que cuenta, funciones o las formas constructivas, por ejemplo, si se hace teniendo en cuenta el valor de tensión (baja, media o alta). (Farina, 2001)

El dimensionamiento de cables está definido por los Calibres de los Cables de América (American Wire Gauge, AWG), este es un sistema estandarizado que ha sido utilizado por más de 150 años, sistema. El Calibre (gauge) del cable se refiere al área transversal del cable. Mientras más grande el área, mayor la corriente que puede fluir a través del conductor sin dañar al conductor o su aislante.

**Figura 3:**

**Tabla de ampacidad**

**Áreas de los conductores  
AWG en mm<sup>2</sup> y cm**

Calibre (AWG o kcmil)	Area	
	mm <sup>2</sup>	Circular mils
18	0.823	1620
16	1.31	2580
14	2.08	4110
12	3.31	6530
10	5.261	10380
8	8.367	16510
6	13.3	26240
4	21.15	41740
3	26.67	52620
2	33.62	66360
1	42.41	83690
1/0	53.49	105600
2/0	67.43	133100
3/0	85.01	167800
4/0	107.2	211600
250	127	—
300	152	—
350	177	—
400	203	—
500	253	—
600	304	—

**Ampacidad de conductores según su calibre, aislante y máxima  
temperatura ambiente**

Calibre AWG o kcmil	Temperatura máxima en conductor						Calibre AWG o kcmil
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	(140°F)	(167°F)	(194°F)	(140°F)	(167°F)	(194°F)	
	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	
	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	
	Cobre			Aluminio			
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14	15	20	25	----	----	----	----
12	20	25	30	15	20	25	12
10	30	35	40	25	30	35	10
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400

Nota. Adaptado de Electricistas.CL, Flickr (<https://electricistas.cl/conductores-electricos-y-sus-caracteristicas/>)



**Figura 4:**

*Tabla de conductores eléctricos*

Calibre A.W.G	Diámetro mm	Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad en amperios			
			Aire libre		3 conductores en tubo	
			TW	Desnudo	TW	Asbesto
0000	11.58	107.2	300	370	195	340
000	10.38	85	260	320	165	285
00	9.36	67.42	225	275	145	250
0	8.25	53.48	195	235	125	225
2	6.54	33.62	140	175	95	165
4	5.18	21.15	105	130	70	120
6	4.11	13.29	80	100	55	95
8	3.26	8.32	55	70	40	70
10	2.59	5.29	40	55	30	55
12	2.05	3.29	25	40	20	40
14	1.62	2.08	20	30	15	30
16	1.29	1.29	12	16	8	16
18	1.02	0.85	8	12	6	12

*Nota, Adaptado de Electrónica Unicrom, Flickr (<https://unicrom.com/conductores-electricos/>)*

Mientras más grande es el número del calibre, más pequeño es el cable. Esta convención es similar a muchos otros sistemas para las calibraciones no métricas, otro aspecto a considerar es el código de colores de los conductores eléctrico, si no se toma en cuenta el código de color o si se lo utiliza de manera incorrecta, es un peligro para la seguridad.

**Figura 5:**

Código de color para conductores en CC Y CA

Cableado de Corriente Alterna (CA)		Cableado de Corriente Continua (CC)	
PT de Equipos	Verde, cobre desnudo o Verde/Amarillo	PT de Equipos	Verde, cobre desnudo o Verde/Amarillo
Conductor puesto a tierra (Neutro)	Blanco/Gris	Conductor Puesto a tierra (típicamente negativo)	Blanco/Gris
Conductores no puestos a tierra (caliente: L1 y L2)	Cualquier color EXCEPTO Verde, Verde/Amarillo, Blanco o Gris Lo común es: L1 Negro, L2 Rojo	Conductor no puesto a tierra (típicamente positivo)	Cualquier color EXCEPTO Verde, Verde/Amarillo, Blanco o Plomo permitido Lo común es: Rojo para sistemas puestos a tierra; Rojo (+) y Negro (-) para sistemas no puestos a tierra

Nota, Adaptado de NEC 2008, Artículos 250.119 y 200.6 (A) (6)

### Montaje de paneles

Según (Medio ambiente, 2011) existen numerosas formas de integrar arquitectónicamente los módulos en los edificios (dependiendo en cada caso de sus características constructivas). En cualquier caso es necesario tener en cuenta que suponen un peso adicional que la estructura del edificio debe ser capaz de soportar ( $25 \text{ kg/m}^2$  incluyendo la estructura de soporte), además pueden suponer cargas adicionales por efecto del viento (como en el caso de distribución de aleros)

Tales como:

- Montaje sobre techo Sobre techos con pendientes pronunciadas son los más comunes en aplicaciones residenciales. El montaje para techos de pendiente baja son utilizados comúnmente en los techos casi planos, comunes en establecimientos comerciales. Los techos

son considerados de pendiente pronunciada cuando las pendientes son mayores a 3:12 o 14 grados, mientras que son considerados techos de pendiente baja cuando la pendiente es menor a 3:12 o 14 grados. (NRCA, 2011)

- Los montajes sobre suelo son generalmente diseñados para que la estructura de rieles se adhiera a una base y asegure los módulos FV. Los marcos usualmente se fabrican de acero y/o aluminio con herrajes de acero inoxidable, y la estructura se asegura a un cimieQWnto de concreto u otra solución de ingeniería como tornillos en anclas o pilotes enterrados (que son más comunes en montajes de suelo más grandes).
- Los sistemas de montaje sobre poste existen en una gran variedad de tamaños, variando desde pequeños sistemas con rieles de soporte, hasta arreglos de varios Kilowatts. Los montajes se adhieren a postes de 2 a 12 pulgadas o más de diámetro, los cuales están embebidos en una base de concreto u otro tipo de fundación. En algunos sistemas grandes, la base está hecha de una carga de concreto encima del suelo, en vez de estar enterrada.
- Las estructuras de soporte que sirven para dotar a los paneles solares de la inclinación y orientación que necesitan a la hora de aprovechar al máximo el potencial de la instalación solar pueden ser fijas que son las que no tienen variación en su forma o posición una vez instaladas y las móviles que consisten de un dispositivo mecánico capaz de orientar los paneles solares de forma que éstos permanezcan aproximadamente perpendiculares a los rayos solares. (Medio ambiente, 2011)

### ***Puesta a tierra***

Son trayectorias conductoras utilizadas para conectar las partes metálicas que normalmente no conducen corriente, este se compone de dos elementos la superficie de tierra y el conductor puesto a tierra o electrodo puesto a tierra, el

cual es el encargado de hacer desviar la corriente hacia la tierra para que este no entre en contacto directo con las persona; esencial en la protección de posibles descargas eléctricas, siendo necesario en la estructura cuando se realiza el cableado y este va en cada uno de los enchufes, evitando el daño de dispositivos electrónicos y previniendo un posible incendio debido a que no permite el sobre voltaje o calentamiento de aparatos electrónicos. (Oficina de investigaciones, 2021)

Todo panel solar debe estar conectado a tierra, se hace por medio de un cable de cobre en tierra que es capaz de disminuir la resistencia de la electricidad aislando cualquier corriente eléctrica para que esta no se dirija a los dispositivos electrónicos o incluso en caso de fenómenos meteorológicos como un relámpago. El esquema fotovoltaico deberá ser conectado a tierra incluyendo todo el equipo completo, como el sistema de inversores, montaje, controladores y todo equipo que complementa el sistema. (Oficina de investigaciones, 2021)

### **Mantenimiento de una instalación fotovoltaica.**

Según (Reformas en Málaga) El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es mínimo, de carácter preventivo y correctivo. No tiene partes móviles sometidas a desgaste, ni requiere cambio de piezas ni lubricante (excepto las instalaciones fotovoltaicas con seguidor)

### **Limpieza periódica del panel**

El mantenimiento principal de los paneles fotovoltaicos consiste en la limpieza de estos, debido que la suciedad como el polvo, excremento de animales, hojas, que pueden reducir la eficiencia del arreglo de paneles, la frecuencia de estas limpiezas dependerá también de las condiciones climáticas del sitio.

Antes de realizar la limpieza hay que asegurarse de comprobar la temperatura de los paneles, verificar si no hay módulos dañados para evitar que entre agua en ellos. La limpieza se debe realizar con agua descalcificada para evitar que se

formen manchas, no se utilizaran agentes abrasivos ni instrumentos metálicos, para prevenir daños a los paneles. Preferiblemente se hará fuera de las horas centrales del día, para evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el panel (sobre todo en verano).

Para realizar el mantenimiento de una instalación, hay dos vías:

- Revisando cableado, aspectos mecánicos, eléctricos y de limpieza.
- Realizando la calibración de los equipos de regulación y control.

Los acumuladores, como consecuencia de la degradación por sus procesos químicos internos, son los que más atención necesitan.

Hay que tener en cuenta que el usuario sepa distinguir qué incidencias corresponden a situaciones normales como puede ser un corte por baja carga y cuáles son debidas a su mantenimiento como el relleno de electrolito.

El mantenimiento del inversor y el controlador de carga se deben realizar de acuerdo al manual del fabricante. También es importante comprobar las conexiones de los paneles, sus fijaciones y el soporte para así asegurar un óptimo rendimiento del sistema fotovoltaico.

## **Diseño metodológico**

### **Tipo de investigación**

La investigación cuantitativa es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables es decir se enfoca en medir fenómenos, hace análisis de causa efecto, utiliza el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (Sampieri, 2010)

Según lo antes mencionado la presente investigación es del tipo cuantitativa, dado que se centra en análisis numéricos, medición y recolección de datos para conocer las características particulares del lugar que determinarán el diseño del sistema solar fotovoltaico.

La lógica de la investigación es deductiva según (Sampieri, 2010), este parte de lo general a lo particular, es decir la lógica o razonamiento deductivo, comienza con la teoría y de ésta se derivan expresiones lógicas denominadas hipótesis que el investigador busca someter a pruebas.

Este enfoque permite razonar y valorar la hipótesis planteada, teniendo como herramienta una base datos numéricos extraídos de las estaciones meteorológicas del municipio de San Pedro de Lóvago, departamento de Chontales, así como también los datos de la NASA, lo que permitirán la obtención de resultados y el análisis de los mismos.

### **Ubicación y área de estudio**

#### **Descripción de la zona de estudio**

La zona de estudio es en el departamento de Chontales, municipio San Pedro de Lóvago, finca "El chipote" con latitud de: 12° 07' 54.6" N y longitud: 85° 08' 13.0" W y con una altitud de 359 msnm. El clima del municipio es semi-húmedo conocido como de sabana tropical. La temperatura promedio anual oscila entre los 25 °C y 26 °C. y su precipitación pluvial varía entre los 1,200 y 1,400 mm caracterizándose por una buena distribución de las lluvias todo el año.

## **Población y muestra**

Según (López, 2004) Población es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación. El universo o población puede estar constituido por personas, animales, registros médicos, los nacimientos, las muestras de laboratorio, los accidentes viales entre otros y la muestra es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación.

Teniendo en cuenta que la porqueriza cuenta con un total de 6 cerdas donde cada una tiene al menos diez lechones por parto, la población será de 60 lechones, cada 6 meses, además de todos los datos recopilados como: el régimen de vientos, la contaminación ambiental.

El tipo de muestreo es probabilístico, porque la selección de los equipos tecnológicos del SSFV son seleccionados en base a sus características necesarias para la ejecución de la investigación que es su alta eficiencia, su existencia en territorio nacional es decir Nicaragua y la factibilidad económica de estos.

## **Técnica de recolección y análisis de información.**

Las técnicas que se pondrán en práctica son:

- Planteamiento del problema
- Visita de campo
- Recolección de información
- Clasificación de información
- Procesamiento de la información

## **Procedimiento**

Se realizó una visita de campo para observar las condiciones en las que se encontraba el sitio, se tomaron las medidas de la edificación actual, para determinar si era necesario realizar modificaciones y establecer la instalación del sistema fotovoltaico, luego se procedió a la búsqueda de información de factores que se tenían que tomar en cuenta para el diseño del sistema fotovoltaico, como: la trayectoria del sol, la cual varía con la latitud local; la intensidad de la radiación solar, el régimen de lluvias y nubosidad, el régimen de vientos, la temperatura y humedad del medio ambiente. Estos factores influyen en el área de captación de energía y en la orientación de los paneles del sistema fotovoltaico.

Se clasificó y procesó la información recolectada, teniendo en cuenta la demanda energética de la porqueriza, para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico, la selección de los equipos y elementos que lo conforman, dicha instalación dependió de la decisión del usuario.

## **CAPITULO I**

**Estimación del consumo de energía en la porqueriza por medio de un estudio de demanda de carga, con el fin de la obtención de los kilowatts (kW) que necesitará el sistema.**

## **Introducción**

En este capítulo se especifica el consumo de energía que demandan las lámparas infrarrojas que se utilizan para el calentamiento de lechones en la finca “El Chipote”, seleccionadas de acuerdo a sus especificaciones técnicas y el área de la porqueriza en la que se emplean.

Estimación del consumo de energía en la porqueriza por medio de un estudio de demanda de carga, con el fin de la obtención de los kilowatts (kW) que necesitará el sistema.

### **Ubicación del estudio**

La finca “El Chipote” está ubicada en el departamento de Chontales, municipio de San Pedro de Lóvago, en las coordenadas 12°07' 54.6" N y longitud 85° 08' 13.8" W.

### **Calefacción de lechones**

Según el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, en Nicaragua la producción de cerdos ha venido desarrollándose, trasladándose de una producción tradicional que se realizaba en los patios, a granjas semi tecnificadas, abasteciendo el 70% del consumo nacional de carne de cerdo (INTA).

El manejo de las condiciones ambientales dentro de la porqueriza es importante para optimizar el rendimiento. La temperatura y humedad ideal estimulan el consumo de alimento, evita el exceso de calorías usadas para mantener la temperatura corporal y reduce la aparición de enfermedades (Buste Silva, 2017)

En la finca “El Chipote” se cuenta con cerdos de dos tipos de raza, landrace y pietrain, las cerdas gestantes son llevadas a jaulas individuales o corrales con capacidad para albergar a la cerda y su camada, en donde se instalarán las lámparas infrarrojas. Los corrales cuentan con comederos y bebederos para la cerda y los lechones.

Los cerdos pasan por distintas etapas en su desarrollo hasta estar aptos para su comercialización, los periodos más críticos son durante la lactancia, el destete y la recría.

Como el mecanismo regulador de temperatura del lechón no entra en funcionamiento hasta varios días después de nacido, se debe utilizar lámparas de calefacción eléctricas o de gas de 150 – 250 vatios colocándola en la parte posterior del paritorio, protegidas con una pantalla metálica y se debe colgar de una cadena a una altura aproximada de 60 cm. del suelo, o ajustarlas graduando la altura de estas de acuerdo al clima de la zona para proporcionar una temperatura entre 30 – 32 °C en el área en que se encuentran los lechones (Pérez, 2007).

**Figura 6:**

*Corrales de Maternidad*



*Nota. Recuperado de Equipamiento y servicio experto de avicultura y porcicultura en todo el mundo (INDIVE),  
url(<http://indiv.com/uploads/catalogos/porcicultura-esp-web.pdf>)*

El destete es la separación de la madre y el lechón, se da entre los 21 y 28 días de edad, sufriendo cambios en el ambiente y su nutrición, posteriormente en el periodo de recría los lechones sufren estrés debido a distintos factores que

afectan su desarrollo, la necesidad de temperatura ambiental más alta que los cerdos adultos hace necesaria la instalación de lámparas en un corral que es utilizado para este periodo.

**Figura 7:**

*Corrales de destete*



*Nota. Recuperado de Equipamiento y servicio experto de avicultura y porcicultura en todo el mundo (INDIVE),  
url(<http://indiv.com/uploads/catalogos/porcicultura-esp-web.pdf>)*

**Dimensión de Corral de Maternidad y Destete**

La porqueriza de la finca “El Chipote” está dividida por secciones de acuerdo a las necesidades de los cerdos, desde su nacimiento, hasta los destinados para la venta y la reproducción.

La preñez dura 3 meses, 3 semanas y 3 días. Una cerda bien alimentada produce al menos diez lechones por parto y puede parir dos veces al año. (AGRICULTURA, 1995)

Se utilizan dos corrales de maternidad uno de ellos de 369 cm de ancho por 270 cm de largo y el segundo corral de 389 cm de ancho por 270 cm de largo, con mangas de 65 cm de ancho y 195 cm de largo, piso de rejilla metálica para la cerda y slats que no son más que rejillas de plástico que mantienen a los

animales limpios y secos, reducen las pérdidas de calor por contacto y aportan el confort, con medidas de 40 cm de ancho y 195 cm de largo.

En cada corral se instalará una lámpara infrarroja para maternidad, sujeta a una cadena, para graduar la altura y cambiar la posición en a cualquier parte del corral.

Después del destete los cerdos deben agruparse en lotes de 15 a 18 animales por corral o cuna, que es como se conoce a este tipo de instalaciones en granjas tecnificadas. Estos corrales deben tener preferiblemente pisos ranurados de plástico o cemento para mantener un ambiente lo más seco posible y un espacio de 0.28 m<sup>2</sup> por animal, además de su respectivo comedero, bebedero y sistema de calefacción (Padilla Pérez, 2007).

La finca cuenta con dos corrales de destete con piso de cemento, uno con medidas de 205 cm de ancho por 288 cm de ancho, y el otro de 260 cm de largo por 293 cm de ancho.

### **Lámparas Infrarrojas**

Un calentador de infrarrojos o Lámpara de calor es un cuerpo con una temperatura más alta que transfiere energía a un cuerpo con una temperatura más baja a través de la radiación electromagnética. Dependiendo de la temperatura del cuerpo emisor, la longitud de onda del pico de la radiación infrarroja varía de 780 mm a 1 mm. No necesita ningún contacto o medio entre los dos cuerpos para la transferencia de energía (Buildex, 2021).

Las lámparas infrarrojas incandescentes utilizadas en la industria porcina están reforzadas con propiedad de radiación infrarroja. Emite menos rayos visibles que una lámpara normal, pero están diseñadas para transformar energía de entrada en rayos infrarrojos con energía térmica (AMP).

En general, la eficacia de la radiación de las lámparas infrarrojas que utilizan filamentos de tungsteno que aquellas que utilizan aleación de níquel y cromo. Por lo tanto, si las comparamos unas con otras, las lámparas infrarrojas poseen un notable efecto de ahorro de energía (AMP).

Las lámparas, al igual que el sol, genera calor por radiación, reduciendo la pérdida de temperatura corporal de los lechones, el lechón justo antes de nacer se encontraba en torno a los 39°C dentro del útero materno, durante los primeros días de vida es recomendable mantener la temperatura del nido de los lechones alrededor de los 37°C. El confort térmico del lechón durante los primeros 20-30 minutos es crítico dado que nacen sin reservas energéticas para poder mantener la temperatura corporal.

La exposición a estrés térmico o índice IHT (humedad/ temperatura) provoca disminución del consumo de alimento y actividad, aumento de la ingesta de agua, muertes perinatales, aumento de amorfo anomalías, aumento de aglutinación (provocando muertes por aplastamiento), compromiso en la baja de leche, deterioro de la condición corporal de la cerda a la salida de la maternidad, aumento del intervalo Destete-celo, disminución de la fertilidad, hipoglucemia, entre otras. (Cugno, 2018)

### **Consumo eléctrico estimado**

Dado que la finca no cuenta con energía eléctrica, se estima la demanda de carga de cada equipo que se va a sustentar del sistema solar fotovoltaico por horas en funcionamiento.

..

**Tabla 1:**

*Consumo eléctrico estimado de la Finca "El Chipote"*

*Nota: Elaboración propia*

Consumo eléctrico estimado								
Equipos e Iluminación								
Tipo de Equipo	Potencia (Kw)	Cantidad de equipos	Tiempo de uso al día Hora (0:00-24:00)		Horas diarias (Hrs/día)	Consumo diario (KW h/día)	Consumo diario (KW)	Carga conectada (KW)
			Encendido	Apagado				
Lámpara para destete	0.175	2	8	16	8	2.8	3.36	0.35
Lámpara para maternidad	0.175	2	8	16	8	2.8	3.36	0.35
Cargador de Celular	0.033	1	2	22	2	0.066	0.0792	0.033
Tipo de Luminaria	Potencia (Kw)	Cantidad de equipos	Tiempo de uso al día Hora (0:00-24:00)		Horas diarias (Hrs/día)	Consumo diario (KW h/día)	Consumo diario (KW)	Carga conectada (KW)
			Encendido	Apagado				
lámparas Led	0.003	6	4	20	4	0.072	0.0864	0.018
<b>Total de Energía consumida estimada</b>						<b>5.738</b>		
<b>Carga conectada total estimada</b>								<b>0.751</b>

## CAPITULO II

### Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico autónomo con ayuda del software SOLARIUS PV

## **Introducción**

El dimensionado del sistema solar fotovoltaico autónomo se determina por la estimación del consumo que debe cubrir la instalación y la ubicación geográfica para conocer las horas sol pico con las que se cuenta a lo largo del año, con dichos datos se seleccionan los componentes y la tensión del sistema.

Los equipos se seleccionan según la demanda que debe cubrir dicho sistema, para definir el número de módulos fotovoltaicos y su disposición, se consideró el consumo eléctrico y potencia pico del módulo, al elegir la batería se toma en cuenta los días de autonomía y la máxima profundidad de descarga.

Al seleccionar el regulador o controlador de carga se calcula la máxima corriente que debe soportar el regulador, a su entrada, pero también a su salida, al igual que con el inversor se tiene presente la potencia que demanda la suma de todas las cargas AC.

El capítulo concluye con la selección del cableado, regidos a la International Electrotechnical Commissions (IEC) o Comisiones internacionales de electrotécnica, además de los dispositivos de protección.

## Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico

### **Estimación del consumo**

Con los datos de la tabla “consumo eléctrico estimado” se obtiene el consumo medio diario de la instalación al que se le ha aplicado un 20% como margen de seguridad recomendado. Teniendo en cuenta las pérdidas por rendimiento de la batería y del inversor que influye en la energía necesaria. Generalmente, para el buen dimensionamiento, se toma un rendimiento de la batería de un 95%, del inversor un 90% y de los conductores un 100%. (SUNFIELDS EUROPE)

Cálculo de los consumos medios diario, es el consumo eléctrico producido en media en un día cualquiera.  $\left(\frac{Wh}{día}\right)$

$$L_{md} = \frac{L_{md,CD} + \frac{L_{md,CA}}{\eta_{inv}}}{\eta_{BAT} * \eta_{CON}} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

$L_{md,CD}$ : Energía consumida en corriente directa  $\left(\frac{Wh}{día}\right)$

$L_{md,CA}$ : Energía consumida en corriente alterna  $\left(\frac{Wh}{día}\right)$

$\eta_{BAT}$ : Rendimiento de la batería.

$\eta_{INV}$ : Rendimiento del inversor.

$\eta_{CON}$ : Factor de rendimiento de los conductores.

$$L_{md} = \frac{165.6 \frac{wh}{día} + \frac{6720 \frac{wh}{día}}{0.90}}{(0.95)(1)}$$

$$L_{md} = 8033.9649 \frac{wh}{día}$$

El consumo medio diario  $L_{md}$ , refleja la energía que el sistema demanda en su conjunto en un día.

El consumo total anual es el producto del consumo medio diario por el número de días de consumo a lo largo de un año. Su unidad de medida es el Wh. y se calcula con la siguiente expresión (Aguilera, Hontoria, & Muñoz ).

$$LT = L_{md} * Nd \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

$LT$ : Consumo total anual (energía real total requerida por el sistema en un año)  
(Wh)

$Nd$ : Número de días de funcionamiento del sistema a lo largo de un año.

$$LT = 8033.9649 \frac{wh}{día} * 365día = 2932397.189 wh$$

Una vez conocido el consumo medio se procede a la selección de los paneles del sistema, según los catálogos de la empresa ECAMI oferta paneles de la marca PEIMAR cuya línea de módulos es de silicio monocristalino de 325W que cuentan con 60 células que permiten generar mayores cantidades de energía, transformándolos en los módulos ideales para todos los contextos en los que el espacio es limitado o con condiciones ambientales difíciles.

**Figura 8:**

**Ficha técnica del panel fotovoltaico PEIMAR monocristalino SM325M (FB)**

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (STC) <sup>(1)</sup>	SM325M (FB)
Nominal Output (Pmax) <sup>(2)</sup>	325 W
Sorting Tolerance	0/+5 W
Voltage at Pmax (Vmp)	34.15 V
Current at Pmax (Imp)	9.52 A
Open Circuit Voltage (Voc) <sup>(2)</sup>	41.67 V
Short Circuit Current (Isc) <sup>(2)</sup>	10.08 A
Maximum System Voltage	1500 V
Maximum Series Fuse Rating	15 A
Module Efficiency	19.48%
Protection class against electric shock	Class II

## TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NMOT <sup>(3)</sup>	45±2 °C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.37 %/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.28 %/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.042 %/°C
Operating Temperature	-40 °C ~ +85°C

## PACKAGING <sup>(3)</sup>

Pallet dimensions	1720x1200x1210 mm / 67.72x47.24x47.64"
Pieces per pallet	27
Weight	535 Kg / 1179 lbs

## CERTIFICATIONS

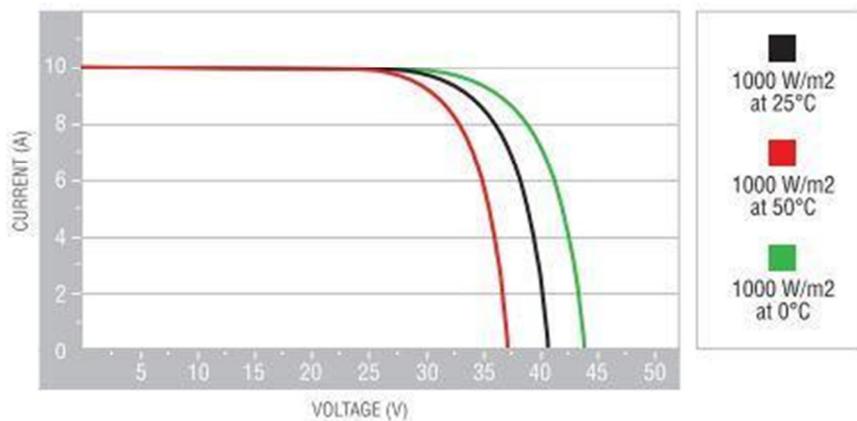
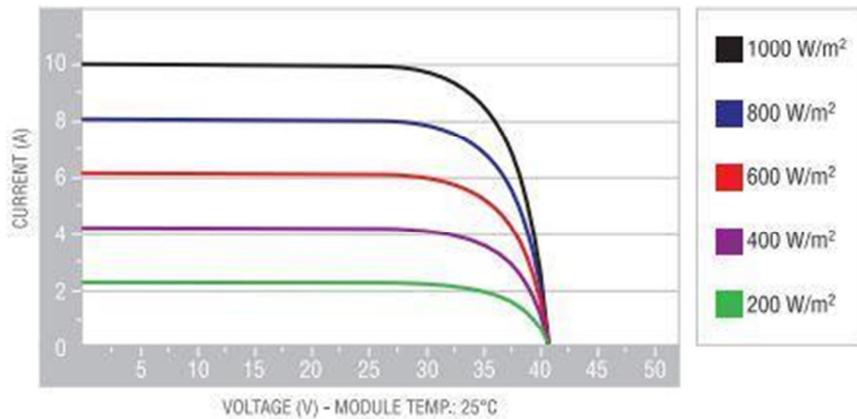
Fire Resistance Rating	Class of reaction to fire 1 (UNI 9177)
PID free	IEC TS 62804-1:2015
Salt mist	IEC 61701:2011
Ammonia	IEC 62716:2013

## MECHANICAL CHARACTERISTICS

Solar Cells	60 (6x10) M3 monocrystalline <b>PERC</b>
Solar Cells Size	158.75x158.75 mm / 6.25x6.25"
Front Cover	3.2 mm / 0.13" thick, low iron tempered glass
Back Cover	TPT (Tedlar-PET-Tedlar)
Encapsulant	EVA (Ethylene vinyl acetate)
Frame	Anodized aluminium alloy, double wall
Frame finishing	Black
Backsheet finishing	Black
Diodes	3 Bypass diodes serviceable
Junction Box	IP67 rated
Connector	MC4 or compatible connector
Cables Length	900 mm / 35.43"
Cables Section	4.0 mm <sup>2</sup> / 0,006 in <sup>2</sup>
Dimensions	1665x1002x40 mm / 65.55x39.45x1.57"
Weight	18.6 Kg / 41.01 lbs
Max Load (Test Load) - SF	5400 Pa - 1.5 <sup>(5)</sup>

## CURRENT/VOLTAGE CHARACTERISTICS

Dimensión  
o del  
generador  
o fotovoltáico



El tamaño del generador fotovoltaico se delimita según la energía requerida del sistema, la cual incluye pérdidas por eficiencia, cargas consumidas y Horas Sol Pico incidente sobre el plano de los paneles en el ángulo óptimo ( $HSP_{\alpha}$ ). Siendo la carga real consumida de  $\frac{8033.9649 \text{ wh}}{\text{día}}$ .

La irradiación solar varía significativamente según las condiciones climáticas y la ubicación geográfica. La hora solar pico traslada toda la energía recibida por el Sol a lo largo de un día a las horas en las que se recibiría toda esa energía, si la irradiación fuera hipotéticamente constante e igual a  $1.000 \text{ W/m}^2$ . Es decir, son las horas de irradiación equivalentes a una irradiación de  $1000 \text{ W/m}^2$  constante que se tiene en un lugar específico. (TEC, Tecnológico de Costa Rica)

Utilizando el software Solarius PV, se obtienen los datos de la irradiación solar en el municipio San Pedro de Lóvago con datos de la fuente “Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)”.

**Tabla 2:**

*Irradiación sobre el plano horizontal*

Irradiación sobre el plano horizontal en Kwh/m2											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4.727	5.785	5.88	6.19	5.55	4.985	4.71	5.069	5.06	5.33	4.95	4.68

*Nota: Extraído del software Solarius PV.*

### **Factor de sombra**

Este factor muestra los obstáculos que bloquean la luz que puede recibir una celda solar, con ayuda del programa Solarius PV y un levantamiento panorámico

**Figura 9:**

*Grafica de Irradiación diaria media mensual*



*Nota, Extraído del software Solarius PV.*

se calcula dicho factor.

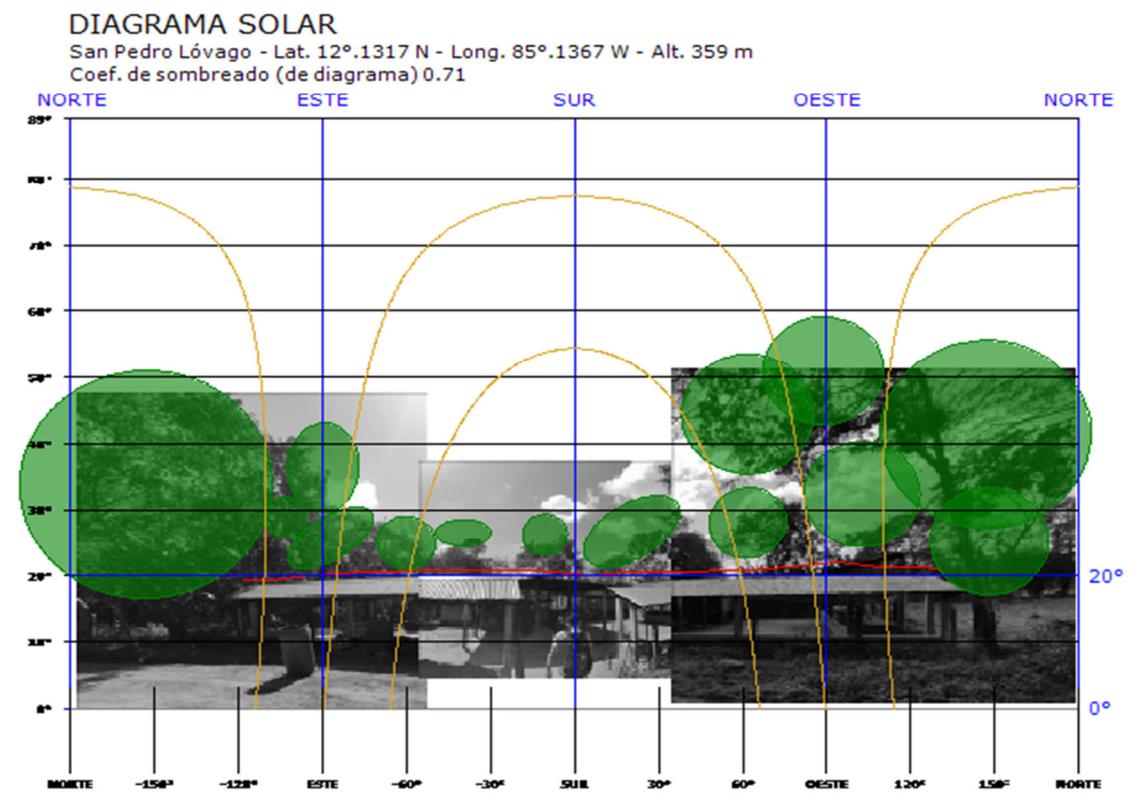
Los obstáculos en la finca son arboles obteniendo un coeficiente de sombreado

**Tabla 3:**

*Irradiación diaria mensual con sombra*

Irradiación diaria mensual (Kwh/m2) con sombra											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3.04	4	4.36	4.16	3.85	4.01	3.26	3.39	3.89	4.14	3.44	3.02

de 0.71



**Figura 10:**

*Nota. Extraído del software Solarius PV.*

**Factor de Sombra**

*Nota, Extraído del Software Solarius PV*

Para determinar el ángulo de elevación al medio día solar en el hemisferio norte, se utiliza la siguiente fórmula (PVEducation , s.f.):

$$\alpha = 90 - \varphi + \delta \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

$\varphi$ : latitud del lugar de interés, latitud: 12.1317 N

$\delta$ : ángulo de declinación

El ángulo de declinación se calcula con la fórmula:

$$\sigma = -23.45^\circ \times \cos\left(\frac{360}{365} \times (d + 10)\right)$$

Donde

D: es el día en que se requiere encontrar la inclinación.

Ángulo de elevación media diaria al mes (grados)											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
56.9777	64.443	75.354	87.244	96.595	100.9	99.015	91.262	79.9864	68.1358	58.8955	54.7902

**Tabla 4:**

*Ángulo de elevación media al mes*

De esta forma se encontraron los ángulos de elevación promedio por meses, obteniendo los resultados de la siguiente tabla:

La irradiación calculada es sobre un plano horizontal, para calcular la irradiación

*Nota. Elaboración Propia*

media anual sobre una superficie inclinada, en este caso con el ángulo de 12° correspondiente con la latitud de la zona, se puede estimar utilizando la fórmula (Barrera, 2014):

$$G_a(\beta_{opt}) = \frac{G_a(0)}{1 - 4.46 \cdot 10^{-4} \cdot \beta_{opt} - 1.19 \cdot 10^{-4} \cdot \beta_{opt}^2} \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

$G_{\alpha}(\beta_{opt})$ : Irradiación solar obtenida en un ángulo de inclinación óptimo

$\beta_{opt}$ : Ángulo de inclinación del panel solar

$G_{\alpha}(0)$ : Irradiación global horizontal

**Tabla 5:**

*Irradiación Global con inclinación respecto a la horizontal*

Irradiación global con inclinación de 12° respecto a la horizontal											
Irradiación diaria media (Kwh/m2)											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3.1099	4.0920	4.4603	4.2557	3.9386	4.1023	3.3350	3.4680	3.9795	4.2352	3.5191	3.0895

*Nota, Elaboración Propia*

El mes con menor incidencia de radiación solar es diciembre, con un  $HSP_{\alpha}$  de 3.0895, para los cálculos se toma el mes con menor HSP del año, para suplir la carga requerida por el sistema.

### **Número total de módulos solares necesarios**

Para calcular el número total de módulos del arreglo, se tiene que considerar un factor global que incluya diferentes tipos de pérdidas, como pueden ser por dispersión, conexiónado, por temperatura, por no trabajar en el punto de máxima potencia, etc. Este factor global (PG o PR) suele tener un valor entre el 90 % y el 65 % según se trate de módulos de silicio monocristalino o silicio amorfo respectivamente. (Aguilera, Hontoria, & Muñoz )

$$N_T = \frac{L_{mdcrit}}{P_{MPP} * HPS_{crit} * PR} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

- $L_{mdcrit}$ : consumo medio diario mensual para el mes crítico.

- **P<sub>MPP</sub>** la potencia pico del módulo en condiciones estándar de medida STC, en este caso, se está utilizando el modelo del fabricante PEIMAR con 325 vatios de potencia pico en STC.
- **HPS<sub>crit</sub>** son las horas de sol pico del mes crítico calculado a partir de la “TABLA IRRADIACIÓN SOLAR OBTENIDA EN UN ÁNGULO DE INCLINACIÓN ÓPTIMO”, es decir: Irradiación del mes crítico (diciembre, 12°), 3.0895 HPS.
- **PR**: el factor global de funcionamiento al haber escogido un panel de módulo de silicio monocristalino el factor es 90%.

$$N_T = \frac{8033.9649 \frac{wh}{día}}{325 * 3.0895 * 0.90} = 8.8904$$

$$N_T = 8.8904 \cong 9$$

Por lo tanto, el número total de paneles a utilizar es 9

Conociendo el número de total de paneles que forman el arreglo fotovoltaico y la tensión nominal de la batería, que coincide con la tensión nominal de la instalación, se puede determinar si es necesario agrupar los módulos en serie y en paralelo (Abella, Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos). El número de módulos que habrá que conectar en serie son:

$$N_{ms} = \frac{V_N}{V_{mp}} \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

$N_{ms}$ : Número de módulos en serie por rama

$V_N$ : Tensión nominal del sistema (V).

$V_{mp}$ : Tensión a máxima potencia del panel fotovoltaico (V).

$$N_{ms} = \frac{12V}{34.15V} = 0.3514 \cong 1 \text{ módulo en serie}$$

El número de módulos conectados en paralelo para suministrar la potencia necesaria está dado por:

$$N_p = \frac{N_T}{N_{ms}} \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

$N_p$ : número de módulos a conectar en ramas paralelo.

$N_T$ : Número total de módulos fotovoltaicos.

$N_{ms}$ : Número de módulos en serie por rama.

$$N_p = \frac{9}{1} = 9 \text{ paralelo}$$

Módulos conectados en paralelo = 9

### **Selección de la Batería**

El cálculo de la batería en función del consumo medio diario, que se calculó de acuerdo a la energía real requerida de los equipos que se conectan, que es de  $8,033.9649 \frac{wh}{día}$ , para el cálculo de la capacidad de la batería se utilizara la siguiente ecuación (Abella, Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos).

$$CB^* = \frac{L_{mdcrit} \times N}{DOD \times \eta_C} \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

$12CB^*$ : Capacidad de la batería (Wh)

$L_{mdcrit}$ : Consumo medio diario mensual para el mes crítico (wh/día)

N: días de autonomía (3 días)

DOD: Máxima profundidad de descarga. En baterías de GEL y AGM tienen la capacidad de descargarse hasta alcanzar un 70-80% de profundidad de descarga.

$\eta_c$ : Pérdida de los cables (0.98)

$$CB^* = \frac{8,033.9649 \frac{Wh}{día} \times 3 \text{ día}}{0.75 \times 0.98} = 32791.69352Wh$$

La capacidad de la batería es de 32,791.69352 Wh, esta es la cantidad de energía que debe ser capaz de almacenar, para asegurar los días de autonomía. La capacidad de la batería o tamaño del sistema de acumulación CB expresado en amperios-hora (Ah) se obtiene a partir de:

$$CB = \frac{CB^*}{V_n} \quad \text{Ec.13}$$

Donde,  $V_n$  se refiere a la tensión nominal de la batería. Con los datos de la tabla "consumo eléctrico estimado" se obtiene que la potencia del sistema es de 0.751 kW. Se recomiendan tensiones nominales de 12 V para instalaciones con potencias menores de 1.5 KW (Abella, Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos)

$$CB = \frac{32,791.69352 \text{ Wh}}{12V} = 2,732.6411 = Ah$$

El número de baterías  $N_{BS}$ , que se conectan en serie se calculan con la siguiente fórmula, donde  $V_N$  es el voltaje nominal del sistema y  $V_B$  el voltaje de la batería seleccionada.

$$N_{BS} = \frac{V_N}{V_B} \quad \text{Ec. 14}$$

$$N_{BS} = \frac{12 \text{ V}}{12V} = 1$$

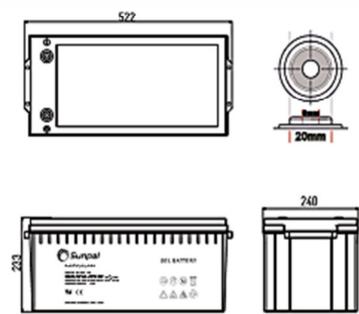
Se seleccionó baterías selladas de gel ya que entre sus ventajas es que gracias a una tecnología que recombina el Oxígeno y el Hidrogeno que sale de las placas durante la carga, se elimina la perdida de agua. Son cerradas o selladas y funcionan en cualquier posición, son más resistentes a bajas temperaturas y son menos afectadas ante descargas profundas, las desventajas son una resistencia interna poco más alta que reduce el flujo máximo de corriente y tienen un precio mayor que las baterías de ciclo profundo inundadas.

**Figura 11:**

*Ficha Técnica de SUNPAL POWER.*



Specification	
Rated Voltage	12V
Numbers of cells	6 Cells
Capacity	180Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	57.9kg
Internal Resistance	Approx. 3.8mΩ
Terminal	F1 / F2
Max. Discharge Current	2700A(5s)
Short Circuit Current	9000A
Max. Charging Current	45A
Reference Capacity	C10 180.0AH C3 130.7AH C1 99.1AH
Design Life	10-15 years
Float Charging Voltage	13.6 V-13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -20mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.4 V-14.9 V @ 25°C Temperature Compensation: -30mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C-60°C Charge: 0°C-50°C Storage: -20°C-60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C±5°C
Self Discharge	Less than 3% at 25°C per month
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



Length	522±2mm (20.6 inches)
Width	240±1mm (9.4 inches)
Height	219±1mm (8.6 inches)
Total Height	223±1mm (8.8 inches)

Constant Current Discharge Characteristics: A(25°C)											
F.V/Time	5min	10min	15min	20min	30min	45min	1h	3h	5h	10h	20h
1.80V/cell	191.67	146.77	110.47	92.57	57.56	43.42	30.46	26.31	20.97	18.00	9.89
1.75V/cell	215.41	161.41	119.47	99.10	61.02	45.89	31.65	27.20	21.66	18.40	10.09
1.70V/cell	232.02	172.88	126.89	104.84	64.68	47.77	32.64	28.19	22.25	18.79	10.19
1.65V/cell	241.52	179.60	131.34	108.79	66.36	49.35	33.33	28.58	22.65	19.09	10.29
1.60V/cell	261.69	192.26	141.13	115.52	69.03	51.33	34.32	29.27	23.04	19.38	10.48

El número de baterías conectadas en paralelos se calcula con la fórmula:

$$N_{BP} = \frac{C_B}{C_{BN}} \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

$C_B$ : Capacidad de la batería, obtenida de la ecuación 12

$C_{BN}$ : Capacidad de la batería seleccionada (Ah)

$$N_{BP} = \frac{2,732.6411Ah}{180 Ah} = 15.18 \cong 16$$

El número de baterías a utilizar es:

$$N_{TB} = N_{BS} \times N_{BP} \quad \text{Ec. 16}$$

$$N_{TB} = 1 \times 16 = 16 \text{ baterías}$$

### **Selección del regulador de carga**

El regulador es el elemento que controla las cargas y descargas de la batería, permitiendo el proceso de carga de la misma desde el arreglo fotovoltaico y el proceso de descarga a través de los elementos de consumo eléctrico del sistema global. (Aguilera)

El regulador de carga se selecciona para que sea capaz de resistir sin daño una sobrecarga simultánea, a la temperatura ambiente máxima, de corriente en la línea de generador: un 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico en Condiciones Estándar de Medida CEM. (IDAE)

Para calcular la corriente de operación se utiliza la siguiente ecuación: (Mejía V., 2019, pág. 82)

$$I_R = I_{sc} * 1.25 \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

Isc (corriente en cortocircuito)

$$I_R = 10.08 * 9 * 1.25 = 113. A$$

El regulador de carga debería soportar una corriente, como mínimo de 115 Amperios

**Figura 12:**

**Ficha Técnica del Controlador de carga Growatt SC 48120**

Datasheet	SC 4860	SC 4880	SC 48100	SC 48120
Compatible Battery Nominal Voltage	12V/24V/48V			
<b>ELECTRICAL</b>				
PV Operating Voltage	18~50Vdc@12V 34~100Vdc@24V 60~145Vdc@48V			
Max.PV Open Circuit Voltage	150Vdc			
Max. Recommended PV Power	1000W@12V 2000W@24V 4000W@48V	1250W@12V 2500W@24V 5000W@48V	1500W@12V 3000W@24V 6000W@48V	1750W@12V 3500W@24V 7000W@48V
Max.Charging Current	60A	80A	100A	120A
Self Consumption	2W			
MPPT Efficiency	99.5%			
Max.Efficiency	97.5%			
Protection	Overload,high voltage, high temperature protection			

*Nota. Extraído de Growatt, url:(<http://www.ginverter.com/show-11-613.html>)*

Se seleccionó el regulador de carga marca Growatt SC 48120, con una corriente máxima de carga de 120 A

**Selección del inversor**

Las características de funcionamiento que definen un inversor o convertidor DC –AC son:

- Potencia Nominal (kW)

- Tensión Nominal de Entrada (V)
- Tensión Nominal de Salida (V)
- Frecuencia de operación (HZ)
- Rendimiento (%)

La tensión de entrada en el inversor de una instalación fotovoltaica no será siempre constante, por lo que el inversor debe ser capaz de transformar distintas tensiones continuas dentro de un determinado rango. Ese rango suele ser de un 15 %. (Aguilera)

A la hora de dimensionar el inversor se tendrá en cuenta la potencia que demanda la carga AC, de forma que se elegirá un inversor cuya potencia nominal sea algo superior a la máxima demandada por la carga. Sin embargo, se debe evitar el sobredimensionamiento del inversor.

Se puede resumir la potencia del inversor con esta expresión

$$P_{inv} = 1.15 * CA \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

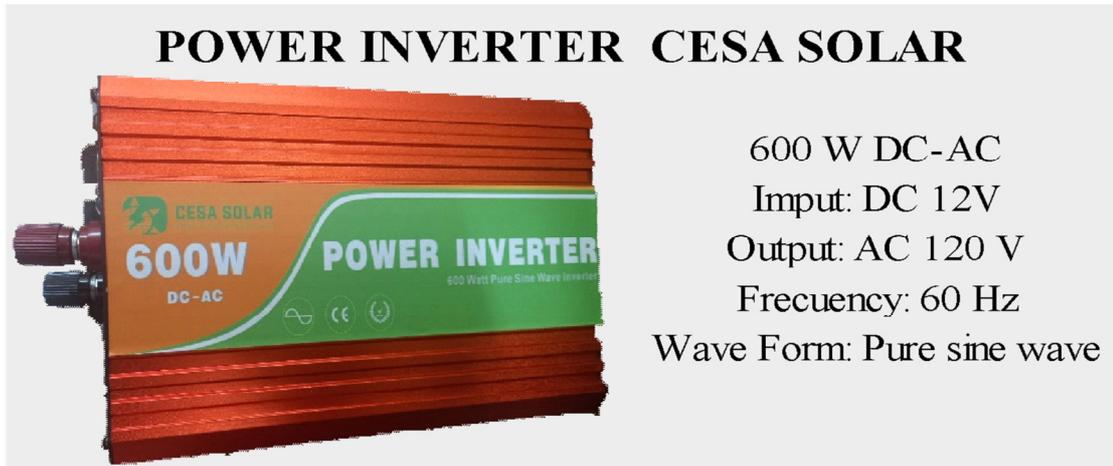
CA: Corriente alterna

$$P_{inv} = 1.15 * 350 = 402.5W$$

Por lo tanto, es necesario un inversor de al menos 403W aproximadamente.

**Figura 13:**

*Regulador de Carga Cesa solar 600W DC-AC*



***Distancia entre módulos.***

La distancia que debe haber entre cada módulo se calcula según esta descrito en los pliegos de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red del IDAE.

La distancia  $d$ , medida sobre la horizontal, entre filas de módulos o entre una fila y un obstáculo de altura  $h$  que pueda proyectar sombras, se recomienda que sea tal que se garanticen al menos 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. (IDAE)

En cualquier caso,  $d$ . ha de ser como mínimo igual a  $h \cdot k$ , siendo  $k$  un factor adimensional al que, en este caso, se le asigna el valor  $1/ \tan (61^\circ - \text{latitud})$ . Asimismo, la separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no será inferior a  $h \cdot k$ , siendo en este caso  $h$  la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la posterior. (IDAE)

Donde:

$$d = \frac{h}{(\tan (61^\circ - \text{lat}))} \quad \text{Ec. 20}$$

Donde:

h: Altura de los paneles a su inclinación máxima.

lat.: Latitud del lugar.

$$h = \sin (\alpha) * L \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

$\alpha$ : Angulo óptimo de inclinación del panel.

L: Longitud del panel (metros)

$$h = \sin (12.13) * 1.665m = 0.3499m$$

Una vez calculada la altura se obtiene:

$$d = \frac{0.3499 \text{ m}}{(\tan (61^\circ - 12.13))} = 0.3055m$$

### **Cableado del Sistema**

Al dimensionar el cableado se consideran Panel-regulador, regulador-baterías y baterías-inversor, ya que siempre que exista consumo habrá pérdidas debido a las caídas de tensión en los cables. Estas pérdidas óhmicas deben cumplir la más restrictiva de las dos condiciones siguientes. (Aguilera)

1. Verificar las normas electrotécnicas de baja tensión
2. La pérdida de energía debe ser menor que una cantidad prefijada.

Para toda la instalación se va a requerir un cable tipo PV ZZ-F, de cobre, fabricado especialmente para instalaciones fotovoltaicas, pues son cables

unipolares con doble aislamiento y con una gran resistencia a la intemperie (uno para el polo positivo, otro para el negativo).

Al calcular la sección transversal del conductor se toma en cuenta lo siguiente:

- Conductividad eléctrica del material conductor en función de la temperatura del entorno de trabajo.
- El material del conductor eléctrico.

**Tabla 6:**

Material	$\gamma_{20}$	$\gamma_{70}$	$\gamma_{90}$
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20°C	70°C	90°C

*Nota. Extraído de SUNFIELDS EUROPE, url(<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/>)*

*Conductividad de cables eléctricos*

**Tabla 7:**

Subsistema	Caída tensión Máxima	Recomendada
Paneles - Regulador	3%	1%
Regulador - Baterías	1%	0,5%
Baterías - Inversor	1%	1%

*Caída de tensión máxima admisible según el IDAE*

*Nota. Extraído de SUNFIELDS EUROPE, url(<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/>)*

Al calcular la sección transversal del cable en las distintas etapas, se usa la siguiente ecuación: (SUNFIELDS EUROPE)

$$S = \frac{2 * L * I}{K * \Delta V} \quad \text{Ec. 22}$$

Donde:

S: Área transversal del conductor eléctrico.

L: Longitud del cable por etapa en el sistema fotovoltaico.

I: Intensidad por cada etapa

K: Conductividad eléctrica.

$\Delta V$ : Caída de tensión requerida.

### **Panel-regulador.**

Se calcula la sección transversal del cable según los siguientes datos:

- Tensión: 12V
- Amperaje<sub>panel-regulador</sub>: 85.68A
- K: 44 m/ $\Omega$ \*mm<sup>2</sup>
- Longitud del cable: 6 m
- $\Delta V$ : 3% de la tensión del sistema.

Se considera la conductividad del cobre  $44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  debido a que el cable y su correspondiente canalización, que conecta los paneles con el regulador estarán expuestos al ambiente. Por tanto, la sección transversal del conductor es:

$$S = \frac{2 * 6\text{m} * 85.68 \text{ A}}{44 \frac{\text{m}}{\Omega} * \text{mm}^2 * 0.36 \text{ V}} = 64.9091 \text{ mm}^2$$

La sección transversal de  $64.9091 \text{ mm}^2$  no está normalizada según la norma AWG, que sirve de referencia para el dimensionamiento de calibres de sistemas eléctricos. Por lo tanto, se elige el calibre inmediato superior, que es de  $67.4 \text{ mm}^2$ , en este caso el calibre del cable es 00 AWG, véase la figura 4.

### Regulador-Baterías

En esta sección la conductividad térmica del cable será de  $48 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  debido a que se encuentra bajo techo, los datos necesarios serán:

1. Tensión: 12V
2. Amperaje  $I_{\text{panel-regulador}}$ : 85.68 A
3. K:  $48 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
4. Longitud del cable: 1 m
5.  $\Delta V$ : 1% de la tensión del sistema.

$$S = \frac{2 * 1\text{m} * 85.68\text{A}}{48 \frac{\text{m}}{\Omega} * \text{mm}^2 * 0.12 \text{ V}} = 29.75 \text{ mm}^2$$

La sección transversal inmediata es  $33.6 \text{ mm}^2$ , que corresponde a un cable de calibre 2 AWG, véase la figura 4.

### Baterías-Inversor

La conductividad térmica en este tramo seguirá siendo de  $48 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ , mientras que se considerará la intensidad de entrada del inversor, debido que la corriente no será mayor a la corriente máxima de entrada del inversor.

- Tensión: 12V
- Amperaje Inversor: 120 A
- K: 48 m/Ω\*mm<sup>2</sup>
- Longitud del cable: 1 m
- ΔV: 1% de la tensión del sistema.

Cableado requerido para el sistema solar fotovoltaico						
Tramo	Carga Eléctrica (A)	Nivel de temperatura (°C)	Sección Transversal (mm <sup>2</sup> )	Calibre AWG (#)	Tipo de Aislante	Carga Eléctrica Máxima soportada por el conductor (A)
Panel-Regulador	85.6800	90	67.4	00	RHH	195
Regulador-Batería	85.6800	75	33.6	2	RHW	115
Batería-Inversor	120	75	42.41	1	RHW	130

$$S = \frac{2 * 1m * 120A}{48 \frac{m}{\Omega} * mm^2 * 0.12 V} = 41.6667 mm^2$$

La sección inmediata superior es de 42.41 mm<sup>2</sup> que corresponde a un calibre de 1 AWG, véase la figura 3.

El cableado seleccionado para los diferentes tramos del sistema se muestra en la tabla siguiente:

*Nota. Elaboración Propia*

**Tabla 8:**

*Cableado para el SSFV*

Protecciones eléctricas para el cableado del sistema fotovoltaico

Las International Electrotechnical Commissions (IEC) o Comisiones internacionales de electrotécnica reconocen que la protección de sistemas es diferente de las instalaciones eléctricas estándar. Esto se refleja en la norma IEC

60269-6 que define las características específicas que debe cumplir un cartucho fusible para proteger sistemas fotovoltaicos. (BUSSMANN, 2014)

Los sistemas fotovoltaicos que tienen tres o más cadenas conectadas en paralelo deben tener protegida cada cadena en cambio los sistemas con menos de tres cadenas no generarán suficiente corriente para dañar a los módulos en caso de fallo, por tanto, no presentan un riesgo para la seguridad, siempre que el conductor tenga un tamaño correcto, basado en los códigos y requisitos de instalación locales. (BUSSMANN, 2014)

Para 9 paneles en paralelo:

Datos de los paneles solares

- $I_{sc}$ : 10.08 A
- $V_{oc}$ : 41.67 V
- $N_S$ : 1 módulos
- $N_P$ : 1 cadenas
- $I_{OCPR}$ : 15 A

#### **Cálculo del régimen de corriente de fusible mínimo.**

$$I_n = 1.25 * I_{sc} \quad \text{Ec. 23}$$

Donde:

$I_n$ : régimen de corriente del fusible mínimo.

$I_{sc}$ : corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico.

$$I_n = 1.25 * 10.08 A$$

$$I_n = 12.6 A$$

Se verifica el resultado de la siguiente manera:

$$I_n (12.6 \text{ A}) \leq I_{OCPR} (15 \text{ A})$$

La capacidad del cartucho fusible debe estar dentro del rango establecido

**La tensión del fusible se calcula de la siguiente manera:**

$$V_n \leq 1.2 * V_{oc} * N_s \quad \text{Ec. 24}$$

Donde:

$V_n$ : Tensión del fusible.

$V_{oc}$ : Tensión a circuito abierto del panel fotovoltaico.

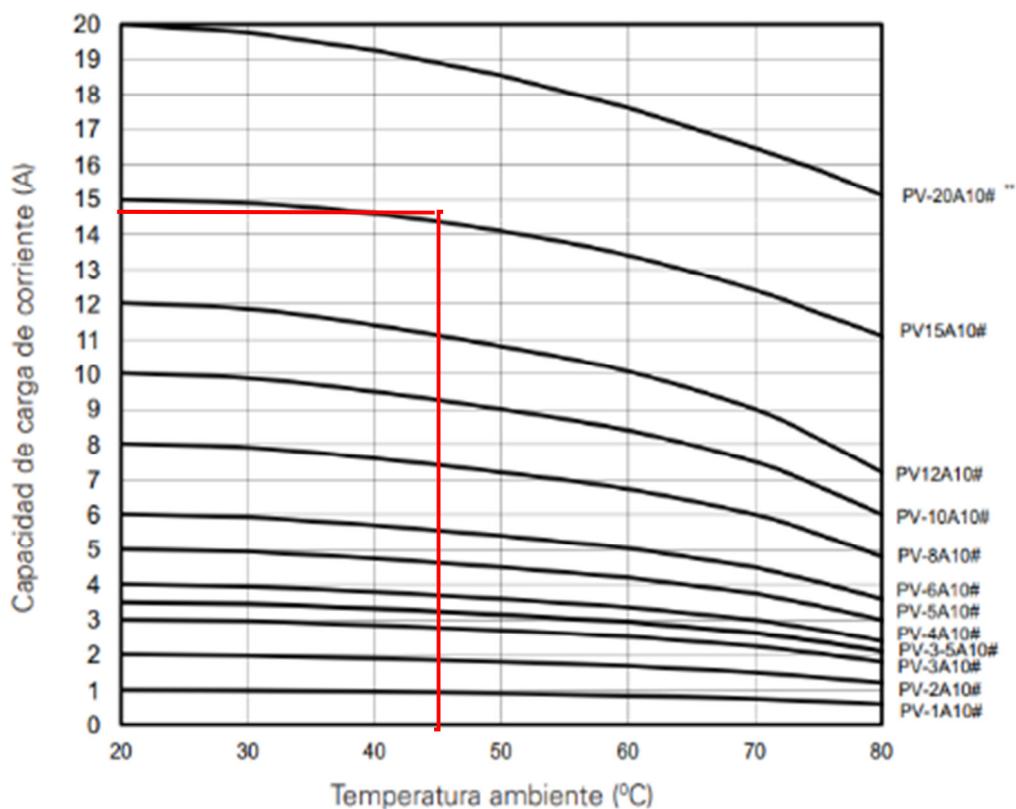
$N_s$ : Numero de paneles fotovoltaicos en serie

$$V_n \leq 1.2 * 41.67V * 1$$

$$V_n \leq 50.004 \text{ V.}$$

**Figura 14:**

*Capacidad de carga de corriente de un fusible*



Se seleccionó un fusible con código PV15A10. Este tiene una capacidad de carga de corriente de 15 amperes a 45°C, de temperatura ambiente, la que es mayor que el régimen de corriente mínimo del fusible de 12.6 A.

***Calculo del dimensionamiento de las protecciones para la caja principal.***

En esta parte del sistema se debe seleccionar la protección contra sobrecargas, y magnetos-térmicos.

**Selección de magneto-térmico.**

Para esto se calcula la corriente nominal de disparo del dispositivo y la tensión nominal del mismo.

Para esto es necesario saber la corriente a máxima potencia y de cortocircuito de los paneles, y la tensión en circuito abierto y a máxima potencia de los mismo. (BUSSMANN, 2014)

Cálculo de la tensión nominal del magneto-térmico.

$$V_n = N_s * V_{oc} * 1.25 \qquad \text{Ec. 25}$$

Donde:

$V_{oc}$ : Tensión a circuito abierto del panel fotovoltaico.

$N_s$ : Número de paneles fotovoltaicos en serie

$$V_n = 1 * 41.67 V * 1.25$$

$$V_n = 52.0875 V$$

Cálculo de la corriente nominal de disparo.

$$I_{nd} = N_p * I_{m\acute{a}x} \quad \text{Ec. 26}$$

Donde:

$N_p$ : número de cadenas de paneles fotovoltaicos.

$I_{m\acute{a}x}$ : Corriente máxima del panel fotovoltaico.

$$I_{nd} = 1 * 9.52 A$$

$$I_{nd} = 9.52 A$$

**Tabla 9:**

*Valores nominales de corriente y tensión de Magneto térmico*  
Se encuentra los valores tensión y corriente de los magnetos-térmicos

Valores nominales de tensión y corriente de magneto-térmicos.					
Temperatura	30°C				
Tensión (V)	125	250	500	750	1000
Corriente (A)	1	5	16	40	80
	2	6	20	50	100
	3	10	25	63	125
	4	15	32	...	...

*Nota: Obtenida de Krannich solar blog. (<https://blog.krannich-solar.com/es/blog/lectorde-blogs/protecciones-el%C3%A9ctricas-en-instalaciones-fotovoltaicas-de-%C3%A1mbito-residencial-e-instalaciones-aisladas.html>)*

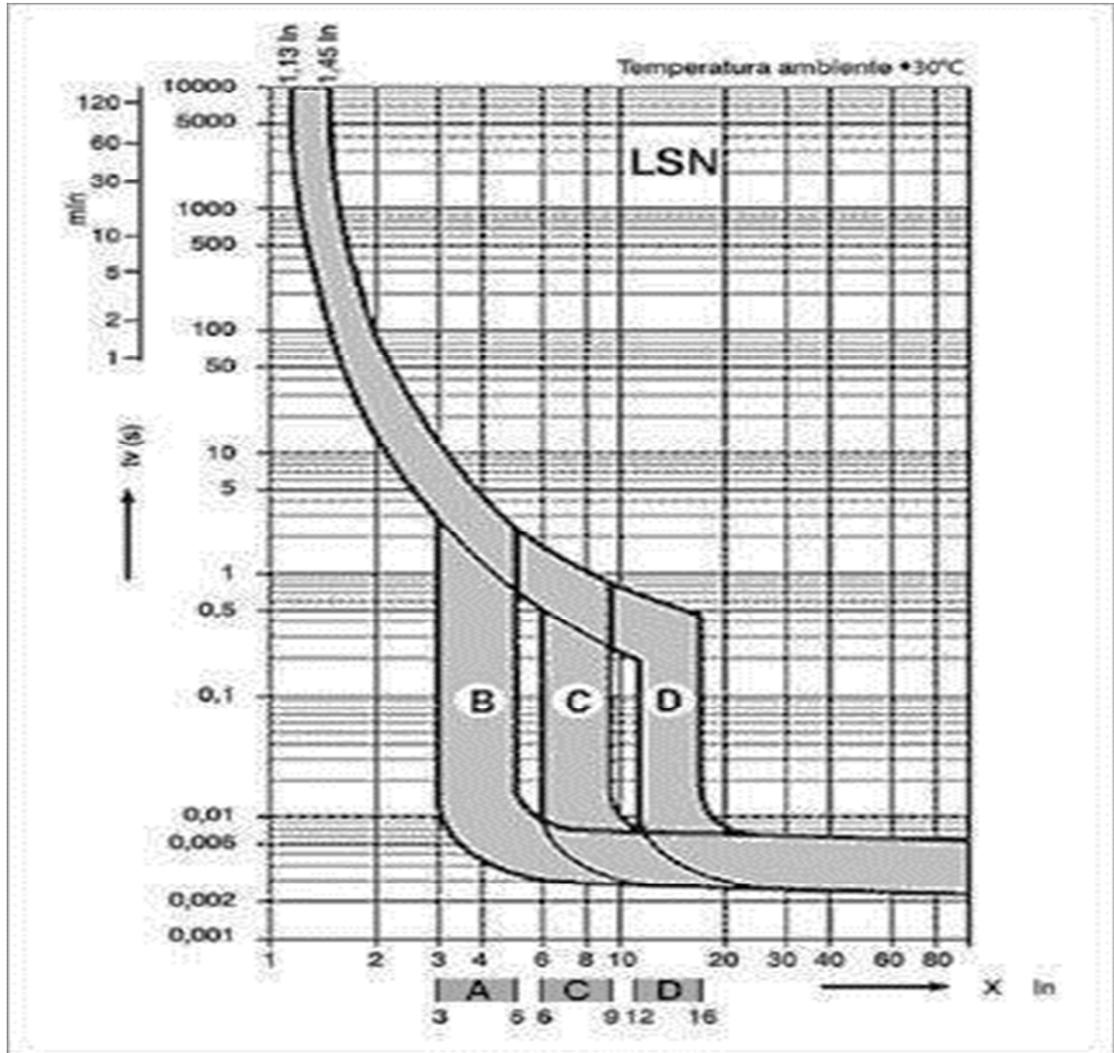
Para la selección del magneto-térmico adecuado se toma en cuenta los tipos de curvas de trabajo (véase figura 9), de la norma EIC 60269-6 gPV, esta especifica

el tiempo de disparo del dispositivo con respecto a las veces en las que se supera a la intensidad nominal de estos. La curva B corresponde a equipos electrónicos muy sensibles, la curva C y D para dispositivos con picos de intensidad de arranque.

Debido a que no existe una capacidad estándar de 9.52 amperios (A), se procede a la elección de un dispositivo con capacidad próxima superior a la calculada previamente, por lo tanto, con los resultados, se selecciona un magneto-térmico con una tensión nominal de 250 VDC e intensidad de 10 A, curva B, debido a que se implementará en equipos con electrónica muy sensible.

**Figura 15:**

*Curvas de disparos de los magnetos-térmicos.*



### **Selección del protector contra sobrecargas (SPD).**

Sobretensiones de CC (SDP o DPS): cumplen la misma función que los fusibles, este dispositivo está diseñado para proteger los módulos FV y/o inversores de altas tensiones que pueden afectar el funcionamiento de estos, así como para evitar averías prematuras. El dispositivo funciona desviando las tensiones elevadas mediante el cable que está conectado a la tierra de la instalación.

**Tabla 10:**

*Protección contra sobrecargas y sobretensiones.*

Uso	Tipos de equipos	Tensión máxima instantánea ( $U_p$ ).	Intensidad máxima de descarga. ( $I_{mp}$ )	Intensidad nominal de descarga. ( $I_n$ )
		(kV)	(kA)	(kA)
<b>Material electrotécnico</b>	Motores AC, sistemas de control y potencia eléctricos con tecnología, cableado luminarias	De 1.8 a 2.5	100	50
<b>Material con electrónica poco sensible</b>	Equipos de acondicionamiento y preservación de alimentos, lavadoras, televisión, computadora, impresoras, herramientas eléctricas.	De 1.5 a 1.8	80	40
<b>Material con electrónica sensible</b>	Redes de comunicaciones, salas informáticas, salas de servidores, cajeros automáticos	De 1 a 1.5	30	60
<b>Material con electrónica muy sensible</b>	Instrumentaciones electrónicas, generadores solares, acumuladores, reguladores.	De 0.5 a 1	De 10 a 20	De 20 a 40

*Nota. Extraído de Comisión internacional de electrotécnica, (EIC)*

(KRANNICH BLOG, 2021)

Se selecciona un SPD con una tensión de máxima instantánea de 1.5 a 8 kilo volts (kV), intensidad nominal de descarga de 80 kilo amperios (kA) y una intensidad máxima de descarga de 40 kilo amperios (kA), esto debido a que la norma 60269-6 gPV de la IEC, menciona que las sobrecargas por las caídas directas de rayos, son improbables, sin embargo, se toma en cuenta la

proximidad de estas en cualquier otro lugar cercano a la instalación, cuyas afecciones eléctricas el SPD seleccionado podría desviar con facilidad.

### **Etapas baterías-inversor**

Las baterías normalmente son el elemento más costoso de una instalación fotovoltaica y un equipo obligatorio cuando hablamos de sistemas aislados.

Para el cálculo del fusible entre el inversor y la batería se utiliza la fórmula: (KRANNICH BLOG, 2021)

$$protección (A) = \frac{potencia\ pico\ del\ inversor\ de\ batería \times 2}{Tensión\ nominal\ de\ la\ batería} \quad Ec. 26$$

$$protección (A) = \frac{600w \times 2}{12V} = 100A$$

En cuanto al número de fusibles a emplear, se recomienda instalar uno por cada cable positivo que vaya del inversor a la batería. Al llevar solo 1 inversor, primero se conecta el banco de baterías a un embarrado con pletinas de cobre (una por cada polo) posteriormente se instala 1 fusible con su respectivo porta fusible. Los más empleados en instalaciones aisladas son los MEGA-FUSE de corte rápido y fusible de cuchilla tipo NH1.

**Tabla 11:**

*Tabla de sección y fusible recomendado para inversores del fabricante Victron*

	24/5000/120	48/5000/70
Capacidad de batería recomendada (Ah)	400-1400	200-800
Fusible <b>CC</b> recomendado	400A	<b>200A</b>
Sección recomendada (mm <sup>2</sup> ) para terminales de conexión + y - *, **		
0 – 5 m***	2x 50 mm <sup>2</sup>	1x 70 mm <sup>2</sup>
5 – 10 m***	2x 90 mm <sup>2</sup>	2x 70 mm <sup>2</sup>

## **CAPITULO III**

**Elaboración de planos de diseño del sistema solar fotovoltaico (SSFV) a partir de los cálculos realizados.**

## **Introducción**

En este capítulo se desarrolla la representación de las partes que componen el sistema solar fotovoltaico de manera gráfico, tomando en cuenta las conexiones que hay entre los componentes, para lograr así una visualización completa del sistema de la forma más sencilla, es decir un diagrama unifilar.

Además de la elección de la estructura de soporte que se asegurará la estanqueidad de la cubierta mediante la utilización de elementos de impermeabilización, también se realiza un análisis de la estructura actual que soportará el peso de los módulos.

El panel solar tiene una producción máxima que se alcanza únicamente en condiciones ideales, ya que en la realidad existen pérdidas ocasionadas por multitud de factores como: la mala orientación e inclinación, las sombras o polvo y suciedad acumulada, pudiendo esto ser solucionado por medio de una supervisión y mantenimiento periódico de los paneles solares. (AutoSolar, 2022)

Este capítulo termina con la elaboración de un plan de mantenimiento que permita conservar y alargar la vida útil de la instalación solar.

### **Diagrama Unifilar**

El diagrama unifilar es el plano eléctrico más común que identifica y suministra información sobre las dimensiones de los componentes principales del sistema de alumbrado eléctrico y muestra cómo la potencia es distribuida desde la fuente, hasta el equipo de utilización. (Jiménez, 2019)

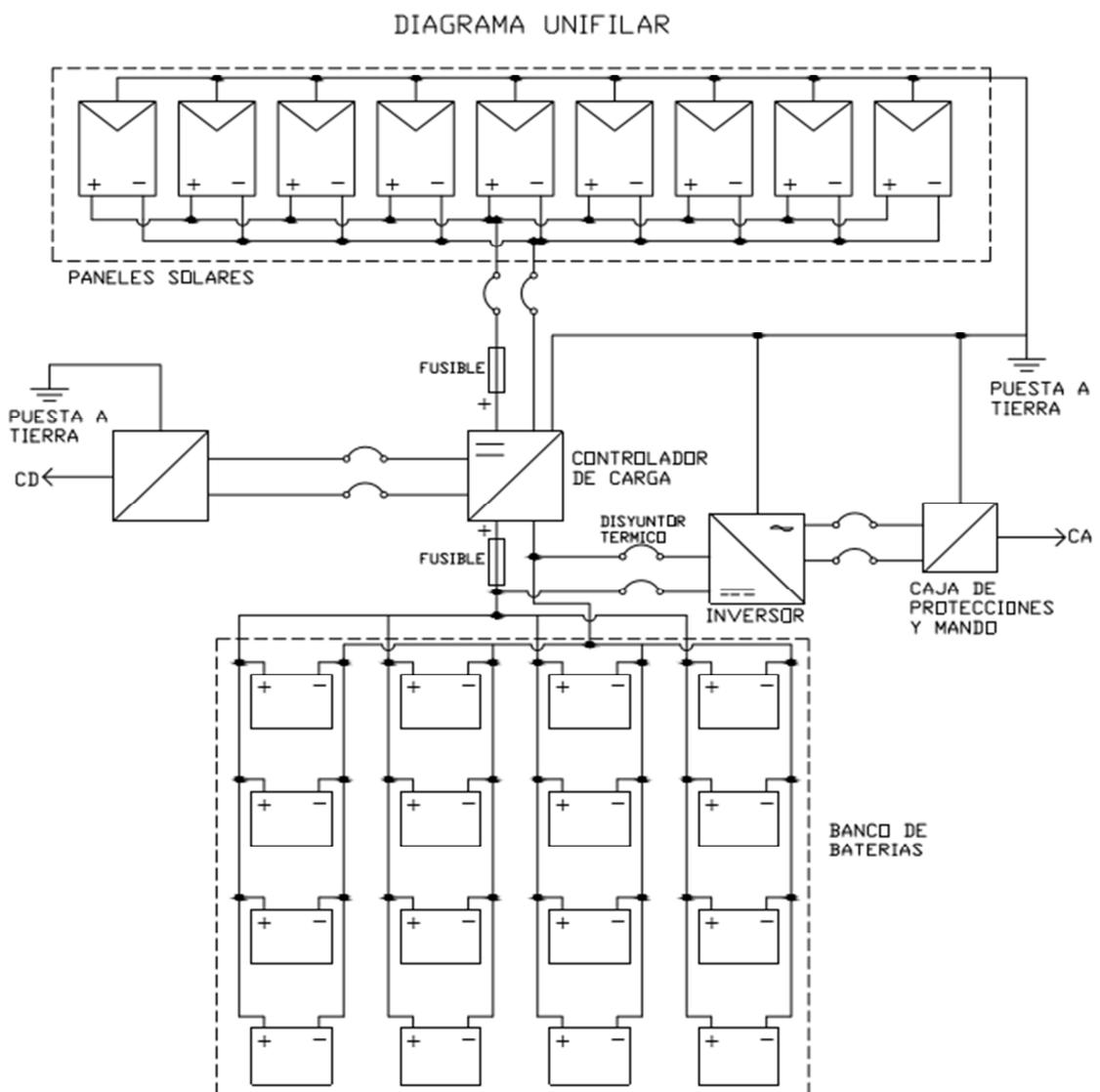
La importancia de las diferentes partes de un sistema es variable y la cantidad de información que se incluye en el diagrama depende del propósito para el que se realiza. Por ejemplo, la localización de los interruptores y relevadores no es importante para un estudio de cargas; los interruptores y relevadores no se mostrarían en el diagrama si su función primaria fuera la de proveer información para tal estudio. (Jiménez, 2019)

Este sistema solar fotovoltaico este compuesto por nueve paneles solares Monocristalinos de 325W capaz de suplir la carga real de 8033.9649 Wh/día, y un banco de 16 baterías

selladas de gel para suplir 3 días de autonomía.

**Figura 16:**

*Diagrama Unifilar de un sistema solar fotovoltaico autónomo en la finca "El Chipote"*



*Nota., Elaboración propia.*

## **Estructura de Soporte del Sistema Solar Fotovoltaico**

Es el conjunto de elementos unidos, ensamblados o conectados entre sí, que tiene la función de recibir cargas y soportar esfuerzos al que es sometido por factores externos e internos. Sirven para dotar a los paneles solares de la inclinación y orientación que necesitan a la hora de aprovechar al máximo el potencial de la instalación solar. (Ente Vasco de la Energía., 2000, pág. 35)

### ***Tipos de Estructuras o montajes***

Según vasco podemos mencionar las siguientes estructuras de techo:

#### Montajes sobre suelo

Los montajes sobre suelo son habitualmente diseñados para que la estructura de rieles se adhiera a una base y asegure los módulos FV. Los marcos usualmente están hechos de acero y/o aluminio con herrajes de acero inoxidable, y la estructura se asegura a un cimiento de concreto o sino también con tornillos en anclas o pilotes enterrados (que son más comunes en montajes de suelo más grandes).

**Figura 17:**

*Montaje sobre suelo*



## Los Rastreadores

Los rastreadores son montajes sobre poste o de suelo que aumentan la producción de generación FV ajustando la orientación (y a veces también la inclinación) del arreglo, para seguir la trayectoria del sol a lo largo del día. Existen dos tipos de rastreadores en el mercado: los activos y los pasivos. Los rastreadores activos utilizan motores eléctricos, controles, sensores de irradiación y/o temporizadores para seguir el paso del sol a través del día.

Los rastreadores pasivos no requieren de electricidad para funcionar, no tienen partes eléctricas que fallen y típicamente tienen un costo inferior a los rastreadores que utilizan electricidad. El lado negativo es que estos solamente tienen un eje y solamente siguen el movimiento del sol de Este a Oeste.

**Figura 19:**  
*Rastreadores*



**Figura 18:**  
*Montaje sobre techo*

Cuando se estudia un sitio para un arreglo montado sobre techo, es importante notar la antigüedad y condición de los materiales del techo (cubierta, estructura, pinturas y recubrimientos, arreglos pasados, etc.). Si el techo va a tener que ser remplazado en 10 años o menos, es una buena idea hacer el reemplazo antes de instalar el arreglo FV.

Una vez explicadas las diferentes clasificaciones de las estructuras de soportes de sistemas fotovoltaicos, se procede a evaluar cuál de las antes mencionadas es la más adecuada, tomando en cuenta las condiciones ambientales y factores estructurales de la finca.

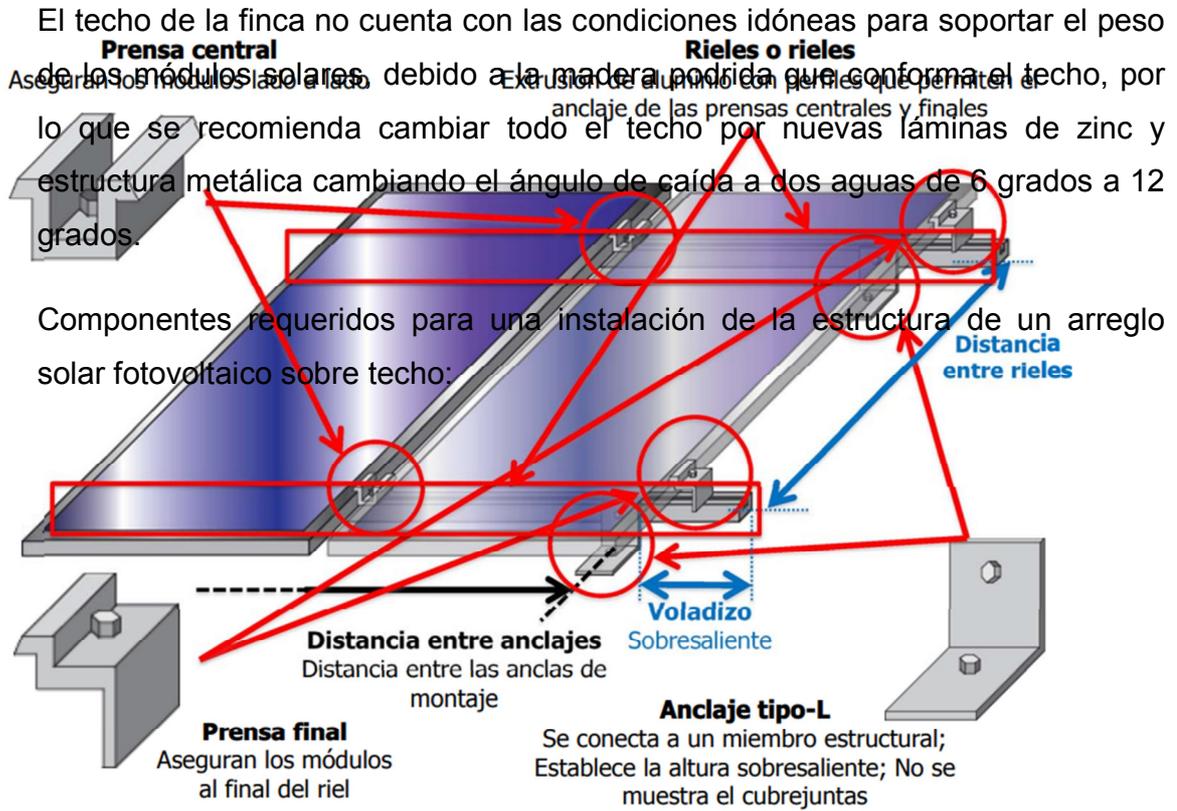
### ***Selección del montaje del sistema***

En base a la información recopilada en el transcurso del proyecto y analizando la estructura de la finca, se selecciona el montaje de techo, que es el más utilizado



y sus costos de instalación son relativamente menores a los otros tipos de

estructuras, además tiene un mejor aprovechamiento a la luz solar, para un mejor desempeño del sistema.



**Figura 20:**

*Estructura de arreglo fotovoltaico*

Este diagrama muestra una perspectiva general de un montaje típico sobre un techo inclinado y sus componentes. Los anclajes de este ejemplo son tipo-L; también los hay de poste sobresaliente, generalmente de aluminio o acero inoxidable, y usualmente se montan con pernos de anclaje en las vigas o cerchas del techo.

Los puntos de anclaje entre el riel y el techo están localizados y especificados según los requerimientos del fabricante del riel que se esté instalando. Típicamente el intercambio será entre la robustez del riel y el número de puntos de anclaje requeridos: un riel menos robusto necesita más puntos de anclaje.

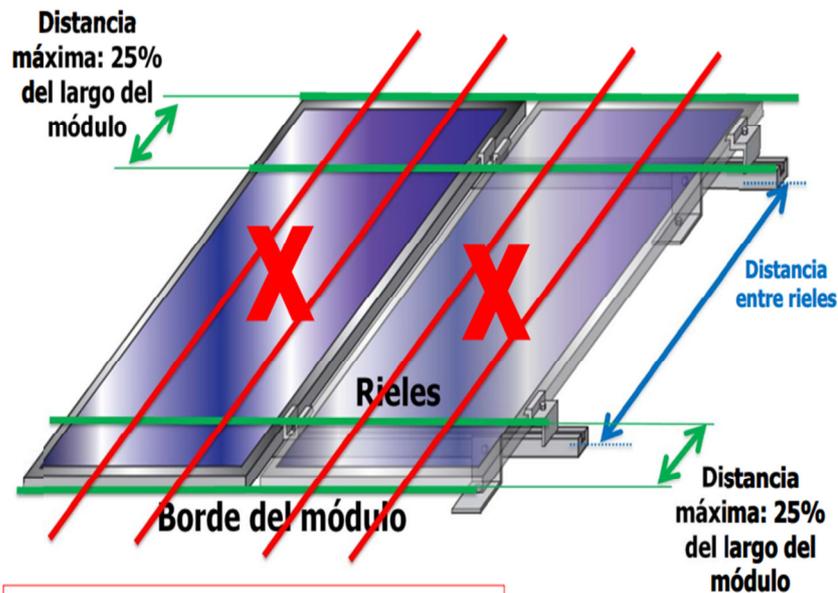
Los módulos se aseguran a los rieles por medio de prensas (también conocidas como abrazaderas o ganchos) centrales entre módulos, y finales para los módulos al borde de las filas.

### ***Distancia entre rieles***

Un aspecto importante es la distancia que se debe dejar entre rieles. Esta distancia en realidad no depende de los fabricantes de rieles, sino de los fabricantes de módulos. La mayoría de fabricantes de módulos especifican la distancia máxima que se debe dejar desde el borde de un módulo al riel. Esta distancia típicamente ronda el 25% del lado largo del módulo, pero puede variar entre fabricantes. Así mismo se especifica cuál es el lado correcto de los módulos para colocar los rieles. Nunca se colocan soportando el lado corto de los módulos; siempre se deben instalar dándole soporte a los lados largos del módulo, como se muestran instalados en la siguiente figura:

### ***Figura 21:***

*Distancia entre rieles*



### Plan de Mantenimiento del sistema solar fotovoltaico

Según la universidad técnica Federico santa maría sede viña del mar – José Miguel carrera. Las instalaciones de los sistemas solares fotovoltaicos se identifican por demandar poco mantenimiento, siempre y cuando se utilicen componentes de buena calidad, no obstante, se sugiere efectuar revisiones paulatinas para cerciorarse de que estos componentes permanezcan funcionando adecuadamente.

La experiencia demuestra que los sistemas fotovoltaicos tienen muy pocas posibilidades de avería, especialmente si la instalación se ha realizado correctamente y si se realiza un mantenimiento preventivo. Básicamente las posibles reparaciones que puedan ser necesarias son las mismas que cualquier aparato o sistema eléctrico, y que están al alcance de cualquier electricista.

Se recomienda que estos mantenimientos sean ejecutados por la empresa que realice la instalación del sistema solar fotovoltaico, empresa que tiene que estar homologada y autorizada por los distintos fabricantes de los equipos suministrados, a fin de no perderla la garantía legal de los distintos equipos.

## ***Planes de mantenimiento más comunes***

### **Mantenimiento preventivo**

Es aquel mantenimiento que tiene como objetivo principal evitar o mitigar las consecuencias de los fallos o averías de un sistema del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. El mantenimiento preventivo en general se utiliza en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de seguridad de un equipo.

### **Mantenimiento correctivo**

Este se realiza después de haber ocurrido un fallo o problema en alguno de los componentes del sistema, con el objetivo de restablecer la operatividad del mismo. Se utiliza cuando es imposible de predecir o prevenir una avería, lo que hace del mantenimiento correctivo la única opción. Dicho mantenimiento se inicia con un desperfecto y un diagnóstico para determinar la causa del fallo. Es importante determinar qué es lo causó el problema, a fin de tomar las medidas adecuadas, y evitar así que se vuelva a producir la misma avería.

### ***Plan de mantenimiento preventivo***

#### ***Módulos solares fotovoltaicos***

Mantenimiento cada 60 días

1. Limpieza periódica del panel.
  - Para realizar la limpieza, se utilizará agua (sin agentes abrasivos ni instrumentos metálicos que pueden rayar o afectar al panel).
  - Preferiblemente se hará en horas de la mañana antes de que las superficies de los módulos se calienten para evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el panel (sobre todo en verano).
2. Inspección visual.

- Verificar que ninguna célula se encuentre en mal estado (cristal de protección roto, normalmente debido a acciones externas).



- verificar que no exista ningún objeto o cualquier otro obstáculo que pueda producir sombra sobre los módulos solares

**Figura 22:**

*Limpieza de paneles*

*Nota: extraído de <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/como-limpiar-paneles-solares/>*

### 3. Control de temperatura del módulo

- Se inspeccionará, de ser posible mediante termografía infrarroja, que ningún punto del panel esté fuera del rango de temperatura permitido por el fabricante, sobre todo en los meses de verano.

## **Anualmente.**

### 1. Control de las características eléctricas del panel

- Ausencia de óxido en las soldaduras y circuitos de las células
- Comprobación de estado y adherencia de los cables a los terminales de los paneles.
- Verificar Temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60 °C

### ***Estructura de soporte de paneles (Cada 6 meses)***

La estructura soporte de los paneles fotovoltaicos está fabricada íntegramente con perfiles y tornillería de acero inoxidable, por lo que no requieren mantenimiento anticorrosivo. El mantenimiento de las mismas se realizará cada seis meses.

- Comprobación de posibles degradaciones (deformaciones, grietas, etc.) causadas por el óxido o algún factor ambiental.

- Se inspeccionará que la tornillería se encuentra correctamente apretada, controlando el par de apriete si es necesario. Si algún elemento de fijación presenta síntomas de defectos, se reemplazará por otro nuevo.

### ***Inversores***

Los inversores son uno de los equipos más delicados de la instalación, y como tal requieren un mantenimiento más exhaustivo. Si bien los intervalos de mantenimiento dependen del emplazamiento de estos y de las condiciones ambientales (polvo, humedad, etc.). Debido al peligro inminente por riesgo eléctrico, las operaciones de mantenimiento se deben realizar con los inversores desconectados y sin tensión.

### **Mensualmente**

1. Lectura de los datos archivados y de la memoria de fallos.
2. De forma visual revisar que las conexiones no presenten ningún deterioro y estén en óptimas condiciones
3. Comprobar posibles caídas de tensión entre los terminales.

### **Cada 3 meses**

1. Limpieza superficial de los dispositivos para evitar demasiada acumulación de polvo
2. Verificar que no exista ninguna alerta de mal funcionamiento en la instalación
3. Regulación del funcionamiento de los indicadores

### **Cada 6 meses.**

1. Limpieza o recambio de los filtros de entrada de aire.

2. Limpieza de las rejillas protectoras en las entradas y salidas de aire.

#### **Cada año.**

1. Comprobar el envejecimiento de los descargadores de sobretensión y, dado el caso, cambiarlos.
2. Si es necesario, limpiar el inversor y tomar las medidas pertinentes.
3. Inspeccionar la firmeza de todas las conexiones del cableado eléctrico y, si se requiere apretarlas.
4. Limpieza del disipador de calor del componente de potencia.
5. Verificar cubiertas y funcionamiento de bloqueos.

#### *Reguladores*

##### Cada mes

1. De forma visual examinar que las conexiones permanezcan en buen estado.
2. Asegurarse de que la temperatura es la adecuada para evitar posibles daños en los circuitos electrónicos.
3. Comprobar posibles caídas de tensión entre los terminales

##### Cada 3 meses

1. Control del funcionamiento de los indicadores.
2. Si existiera acumulación de polvo o suciedad, limpiar bien los dispositivos

#### Acumuladores

Para el sistema solar fotovoltaico se seleccionó baterías selladas de gel, estas baterías no requieren mantenimiento manual y una regulación precisa para

evitar sobrecargas o sobre-descarga de las baterías, algunas operaciones que se pueden realizar para mantener los acumuladores en buen estado son las siguientes:

Cada 4 meses

1. Comprobación de las terminales, su conexión y engrase.
2. Comprobación de la utilización del acumulador

Protecciones de la instalación solar fotovoltaica

Las protecciones del circuito eléctrico de la instalación solar fotovoltaica han de encontrarse siempre en perfecto estado de funcionamiento ya que de estas depende la totalidad de las circunstancias de seguridad tanto de dispositivos como de usuarios. Las operaciones de mantenimiento que se realizan son las siguientes:

Cada 3 meses.

1. Inspección visual de mecanismos interiores para posible detección de anomalías visibles.

Cada año.

1. Comprobación del correcto funcionamiento de los interruptores diferenciales mediante el siguiente procedimiento:
  - Acción manual sobre el botón de prueba que incluye el propio interruptor diferencial.
  - Desconexión automática del paso de la corriente eléctrica mediante la recuperación de la posición de reposo (0) de mando de conexión desconexión.

- Acción manual sobre el mismo mando para colocarlo en su posición de conexión (1) para recuperar el suministro eléctrico.
  - Comprobación del funcionamiento de todos los interruptores del cuadro de mando y protección, verificando que son estables en sus posiciones de abierto y cerrado.
2. Comprobación mediante inspección visual del estado del interruptor de corte y de los fusibles de protección, el estado frente a la corrosión de la puerta del armario y la continuidad del conductor de puesta a tierra del marco metálico de la misma.
  3. Verificación del estado de conservación de las cubiertas aislantes de los interruptores, reparándose los defectos encontrados.
  4. Limpieza superficial de las clavijas y receptores eléctricos, siempre con bayetas secas y en estado de desconexión.
  5. Limpieza superficial de los mecanismos, siempre con bayetas secas y preferiblemente con desconexión previa de la corriente eléctrica.

### ***Puesta a tierra***

Para asegurar una buena circulación de las corrientes de defecto a tierra, se debe de realizar el mantenimiento de esta parte de la instalación. Las actividades que se deben de realizar son las siguientes:

#### **Cada 6 meses (Terreno seco)**

1. Medición de la resistencia de puesta a tierra.
2. Medición de la resistividad del terreno.
3. Comprobación de la continuidad de la instalación a tierra.
4. Comprobación de todas las masas metálicas a tierra.

**Cada 5 años.**

1. Revisión de los conductores de enlace del electrodo con el punto de puesta a tierra.

*Transformador*

Cada mes.

1. Retirar el polvo del transformador mediante aspiración, y soplar con aire comprimido.

Cada 6 meses

1. Limpieza o cambio de los filtros de entrada de aire.
2. Limpieza de las rejillas protectoras en las entradas y salidas de aire.

Cada año

1. Controlar el apriete de las conexiones y las barras de las tomas de regulación.
2. Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan decoloración o modificaciones de otro tipo. En caso necesario cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de conexión oxidados.
3. Inspeccionar y, dado el caso, reponer las etiquetas de indicación de advertencia.
4. Control de la función de sobre temperatura y revisar el funcionamiento del circuito de seguridad de esta función.

## CONCLUSIONES

De esta forma se concluye el trabajo realizado del diseño de un sistema solar fotovoltaico en la finca "El chipote" departamento de Chontales, municipio San Pedro de Lóvago para la alimentación principalmente de lámparas infrarrojas utilizadas en el proceso de calentamiento de lechones.

El consumo de energía de la porqueriza se determinó por medio del estudio de demanda de carga, es decir extrayendo de cada aparato su consumo en kwh/día.

Se realizaron los cálculos correspondientes para el dimensionamiento de los diferentes componentes del sistema solar fotovoltaico autónomo, para cumplir con la demanda de consumo eléctrico de la finca, con ayuda del software Solarius PV, además de su diseño.

Se cotizó con diferentes proveedores de sistemas fotovoltaicos pero se obtuvo el precio más económico en la empresa Cengy-sol, sin embargo se recibió asesoría para la selección de componentes por la empresa Cesa-solar.

Los sistemas solares fotovoltaicos tienen una vida útil estándar de 25 años, sin embargo, con el correcto mantenimiento y cuidado puede alargarse hasta 30 años dicho esto se puede concluir que es un sistema factible además de amigable con el medio ambiente, ya que no es contaminante como los combustibles fósiles.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar cambio de la estructura del techo de la finca antes de la instalación del SSFV.
- Ejecutar el mantenimiento en tiempo y forma para alargar la vida útil de los equipos.
- Encender los aparatos solo cuando se vayan a utilizar.
- Analizar la viabilidad de prestaciones para la inversión inicial del sistema.
- Mantener despejada el área donde se encuentren los paneles solares, es decir que no estén expuesto a sombras.

## BIBLIOGRAFÍA

Abella, M. A. (2010). Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos .

*Centro de investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas (CIEMAT).*

Aguilera, J., Hontoria, L., & Muñoz , F. J. (s.f.). *Dimensionado de sistemas*

*fotovoltaicos*. GRUPO IDEA, UNIVERSIDAD DE JAÉN. Obtenido de

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48264641/8\\_T\\_Tecnologia\\_fotovoltaica-with-cover-page-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48264641/8_T_Tecnologia_fotovoltaica-with-cover-page-)

[v2.pdf?Expires=1655139632&Signature=Ox7jrL01qllMcW3DPpewKScHK](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48264641/8_T_Tecnologia_fotovoltaica-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1655139632&Signature=Ox7jrL01qllMcW3DPpewKScHK)

[OJZiMM8fMqj~nMeAJIXbjTYtlgPZjN-hlroO93xYqMkcWwlxce-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48264641/8_T_Tecnologia_fotovoltaica-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1655139632&Signature=Ox7jrL01qllMcW3DPpewKScHK)

[Ni87ni~bicObbeEC94syOJIUTysiZeLQ9CQDZZFC7ipRnzoMQbP7](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48264641/8_T_Tecnologia_fotovoltaica-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1655139632&Signature=Ox7jrL01qllMcW3DPpewKScHK)

*ambientum.com*. (s.f.). Obtenido de

[https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/energia/el\\_sol\\_fuente\\_basica\\_de\\_energia.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia/el_sol_fuente_basica_de_energia.asp)

AutoSolar. (2022). Mantenimiento de un panel solar. *Flacas fotovoltaicas*.

Barrera, Y. (2014). *Diseño e Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos y*

*conectados a la red a pequeña escala*. Universidad Nacional Agraria,

Managua.

- Baterías para energía solar. conceptos y tipos de baterías. Energía Solar baterías. (2015). *BLOG Tecnosol*.
- Cepeda, J., & Sierra, A. (2010). Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones. 3-4.
- Cortez, J. (2017). Energías Para El Desarrollo Agrario. *Revistas Bolivianas*, 3(2), 579-580. Obtenido de [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S0102-03042017000200011&script=sci\\_arttext&lng=es](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S0102-03042017000200011&script=sci_arttext&lng=es)
- Damia Solar. (25 de Enero de 2015). *¿Como funciona el efecto fotovoltaico?* Obtenido de Damia: [https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/funcionamiento-efecto-fotovoltaico\\_1](https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/funcionamiento-efecto-fotovoltaico_1)
- ENATREL. (01 enero-20 junio de Junio de 2021). *Empresa Nacional de Trasmisión Eléctrica*. Obtenido de Empresa Nacional de Trasmisión Eléctrica: <https://www.enatrel.gob.ni/matriz-de-generacion/>
- Ente Vasco de la Energía. (2000). La energía Solar Fotovoltaica en el País Vasco. *Herri-Erakundea*, 35;31;16;29;30.
- F. Casellas, R. P. (s.f.). Banco de Pruebas para Panel Fotovoltaico. *Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTECH (UPC) Barcelona, Spain*.

Fagua, A., & Bernal, W. (2015). Celdas Solares Organicas. *Ciencia, Innovación y Tecnología*, 2, 74-75.

Farina, A. L. (2001). *Cables y conductores su tecnología y empleo*. Argentina: Librería y editorial Alsina.

Jiménez, I. H. (2019). Diagrama Unifilar. *Eléctrica*.

Jorge Aguilera, L. H. (s.f.). Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autonomos. *GRUPO IDEA. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA*, 63.

Martín, C. E. (2004). *LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA*. España: Ninbus, 5–31.

Medio ambiente. (2011). *Montaje mecánico en instalaciones solares fotovoltaicas*. España: Editorial Vertice.

Mejía V., E. J. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de ingeniería mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. *Revista Pakamuros*, 82.

Mejía, E. J. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. *Revista Científica Pakamuros*.  
Obtenido de <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v7i2.95>

Mesa, D., Escobar, A., & Hincapie, R. (2009). Descripción y análisis del efecto Fotovoltaico en la Region. *Scientia et Technica Año XV*,(42), 328.

Mesa, L. A., Sanabria, C. A., & Pérez, W. J. (2015). *Diseño de un Sistema solar fotovoltaico autónomo para una institución educativa rural en el municipio de Páez - Boyacá.*

Montoya Rasero, C. (2010-2011). *Escuela de Organizacion industrial*. Obtenido de [www.eoi.es](http://www.eoi.es)

Muniz, R. F. (s.f.). DIMENSIONADO DE SISTEMAS. *ACADEMIA, Accelerating the world's research*, 62.

NRCA. (2011). *Manuel para techos.*

Oficina de investigaciones. (2021). Sistema puesta tierra y apantallamiento de sistemas fotovoltaicos. *INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE*, 103.

Padilla Pérez, M. (2007). *Manual de porcicultura*. San José, Costa Rica: Ministerio de agricultura y Ganadería. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-9306.pdf>

Pilco, D., & Jaramillo, J. (2008). *Sistemas Fotovoltaicos Para Iluminación: paneles Fotovoltaicos*. 2-3.

Pilco, D., & Jaramillo, J. (2010). *Sistemas fotovoltaicos para iluminacion: Paneles Fotovoltaicos* .

Planas, O. (13 de Mayo de 2015). Efecto Fotovoltaico. *Energía Solar*.

PVEducation . (s.f.). *pveducation*. Obtenido de

<https://www.pveducation.org/es/fotovoltaica/2-propiedades-de-la-luz-del-sol/%C3%A1ngulo-acimut>

Reformas en Málaga. (s.f.). Cómo es el Mantenimiento de una Instalación Fotovoltaica. *Refornovalia*.

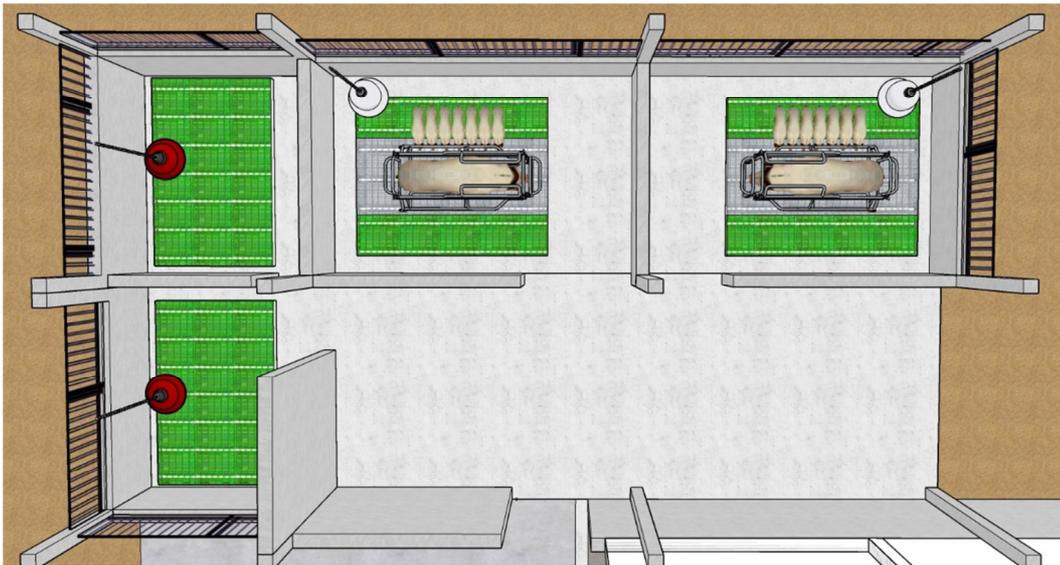
Salamanca, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. *Revista Científica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 30(3), 264-266.

Universidad de Costa Rica. (07 de Julio de 2008). Diseño de un sistema fotovoltaico para una comunidad aislada. San Jose, Costa Rica.

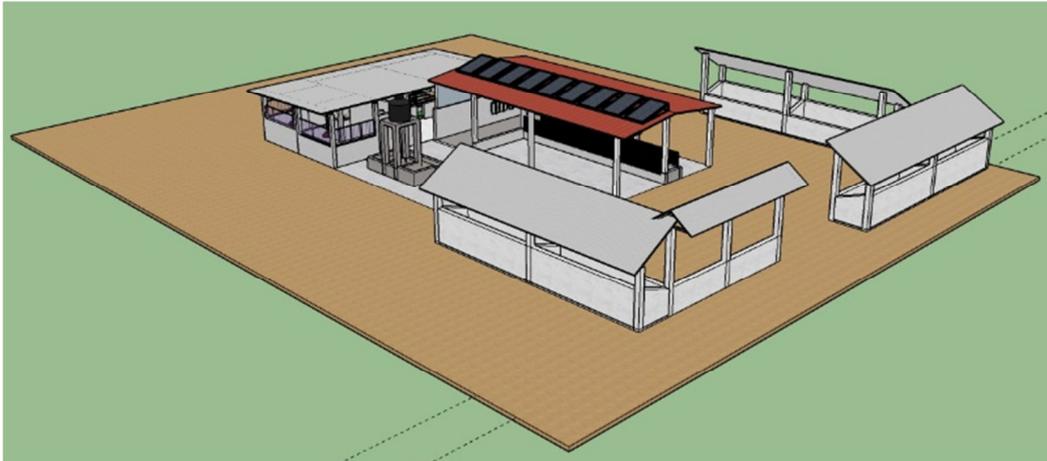
## ANEXOS



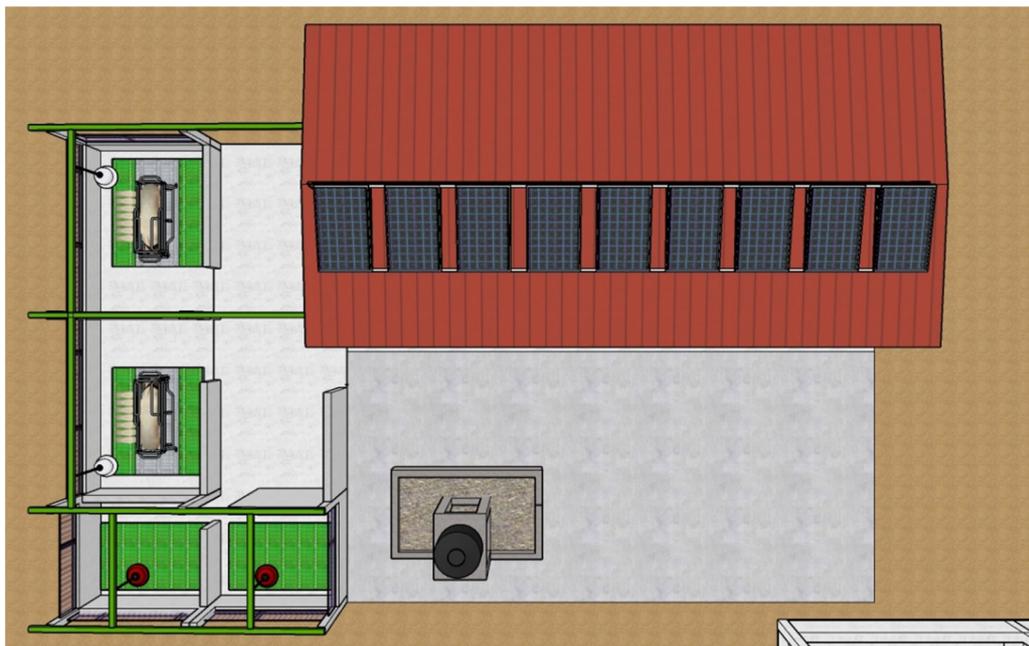
Frontal jaula de maternidad



Jaulas de maternidad y destete



Sistema Solar fotovoltaico en finca "El Chipote"



Vista superior de sistema solar fotovoltaico en finca "El Chipote"

## Anexos componentes sistema solar



Módulos Solares Fotovoltaicos



Batería de gel 12V 180A



Inversor 600W



Controlador de carga 120Ah



## Fusible PV15A10

EQUIPO	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO (USD)	CANTIDAD	MONTO (USD)
Paneles Solares	320 W	\$ 144.00	9	\$ 1,296.00
Baterias de gel	12V 180Ah	\$ 370.00	16	\$ 5,920.00
Inversor	600 W	\$ 200.00	1	\$ 200.00
controlador de carga	120Ah	\$ 250.00	1	\$ 250.00
00 AWG	Cableado (m)	\$ 3.07	6	\$ 18.42
1 AWG	Cableado (m)	\$ 2.97	1	\$ 2.97
2 AWG	Cableado (m)	\$ 2.87	1	\$ 2.87
Fusible	PV15A10 15 Amperios a 45°	\$ 66.46	1	\$ 66.46
Fusible	MEGA FUSE de corte rapido tipo NH1	\$ 10.81	1	\$ 10.81
Magneto termico	250 VDC 10 A	\$ 19.00	8	\$ 152.00
Protector contra sobrecarga	1.5 a 8 kV	\$ 24.00	1	\$ 24.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 7,943.53</b>

Proforma



Entrada principal de la porqueriza



Costado izquierdo porqueriza



Estructura de los corrales de ganado porcino



Estructura techado



Estructura Techado

