



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN  
DEPARTAMENTO DE ELECTRICA**

**Tesis Monográfica para optar al Título de  
Ingeniero Eléctrico**

**Título**

**“Diseño y evaluación de un sistema de micro generación Fotovoltaica con  
el software PVSYST en la comunidad la conquista”**

**Autores:**

- Br. Lenin Aguilar
- Br. Edwin Hernández

**Tutor:**

Ing. Juan González Mena

**Managua, agosto 2022**



## Resumen

La presente Tesis tuvo por objetivo general: Dimensionar un sistema de micro generación con el software PVSYST en la comunidad de la conquista perteneciente al Departamento de Carazo. El tipo de investigación es de campo e investigación cuantitativa. De campo porque se recaba información en el lugar del estudio mediante técnicas específicas y cuantitativa porque se generó datos apoyados en software estadísticos. Los resultados obtenidos luego de procesar los datos son los siguientes: En base al consumo del colegio vocacional. La energía promedio proyectada es de 5.3 kW/h con una máxima demanda de 5,3 kW.

De los datos de irradiación solar según el PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM ([https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)) de 4,50 kWh/m<sup>2</sup>/día y según la NASA con un valor mínimo de 5.82 kWh/m<sup>2</sup>/día, valor que se utilizó para calcular el sistema fotovoltaico con el criterio del mes crítico. Los equipos seleccionados por el método del mes son los siguientes: 15 paneles fotovoltaicos de 315 Wp, 01 controladores MPPT DE 4800 W. Los resultados obtenidos al aplicar el software PVSYST tenemos lo siguiente: el generador fotovoltaico formado por 15 paneles fotovoltaicos, 5 ramas en paralelo de 3 paneles en serie; 01 controlador MPPT de 4.8 kW de 80 A; el banco de baterías estará conformado por 16 de 368 Ah de capacidad. La pérdida de carga anual es de 1,11%., en el ANEXO se muestra el plano en AUTOCAD. El presupuesto para suministrar energía eléctrica al centro vocacional de la conquista es de: US\$5,650

## Acrónimos

<b>SFV</b>	Sistema Fotovoltaico, conjunto MFV's y todos los demás componentes
<b>MFV</b>	Módulo Fotovoltaico, conocido comercialmente como Panel Solar
<b>String</b>	Conjunto de módulos fotovoltaicos conectados en serie
<b>CA (AC)</b>	Corriente Alterna (AC del inglés "Alternating Current"),
<b>CC (DC)</b>	Corriente Continua (DC del inglés "Direct Current").
<b>BT</b>	Baja Tensión, Tensión bajo los 1000 Volts.
<b>On-Grid</b>	Unidades de Generación eléctrica Fotovoltaica conectados a la red
<b>Off-Grid</b>	Unidades de Generación eléctrica Fotovoltaica no conectados a la red
<b>IP</b>	Índice de protección de los equipos, contra efectos ambientales
<b>kW</b>	Kilo Vatio
<b>kWh</b>	Kilovatio Hora
<b>PVsys</b>	Software de Simulación de Sistemas Fotovoltaicos
<b>NOCT</b>	Temperatura de Operación Nominal de la Célula
<b>AH</b>	Amperios hora
<b>m<sup>2</sup></b>	Unidad de medida Metros Cuadrados

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I. Introducción.....	1
II. Objetivos del Estudio.....	2
3.1. Objetivo General .....	2
3.2 Objetivo Especifico .....	2
III. Justificación.....	3
IV. Marco Teórico .....	4
4.1 Software PVSYST .....	4
4.2 Cambio climático.....	5
4.3 Fuentes no convencionales de energía .....	5
4.4 Energía solar fotovoltaica .....	6
4.5 Radiación solar .....	6
4.7 Angulo Azimut.....	7
4.8 Sistemas fotovoltaicos.....	7
4.9 Efecto de la variación de la irradiancia.....	8
4.10 Efecto de la variación de la irradiancia.....	8
4.11 Componentes principales de un sistema fotovoltaico .....	10
4.12 Tipos de Conexiones de Módulos Solares.....	12
4.13 El Controlador .....	14
4.14 El Inversor .....	16
4.15 Cables de conexionado.....	19
4.16 El banco de baterías .....	20
4.17 Características del sistema fotovoltaico.....	24
4.18 Normatividad eléctrica .....	24
V. Análisis y Presentación de resultados de PVSYST .....	25
5.1 Dimensionamiento del sistema con PVSYST.....	26
5.2 Resultados de la simulación.....	31
5.3 Evaluación económica con el software PVSYST .....	36
VI. Conclusiones .....	38
VII. Recomendaciones .....	39
VIII. Bibliografía .....	40
IX. Anexos .....	41

## **I.Introducción**

La presente Tesis tiene por objetivo general, dimensionar un sistema de micro generación con el software PVSYST en el municipio la conquista, departamento de Carazo, el cual consiste en suministrar energía a un pequeño colegio vocacional de la zona rural del mencionado municipio.

El tipo de investigación es cuantitativa porque los datos son medibles y cuantificables por medio del software PVSYST. Permite realizar análisis descriptivos e inferencia. Los resultados obtenidos luego de simular los datos serán los siguientes: Irradiación solar promedio anual, dimensión del sistema fotovoltaico, demanda en Kwh, evaluación financiera del sistema a implementar etc.

El tema de generación de energía solar, es sólo una fracción del complejo problema del consumo energético, en el cual se plantea la búsqueda de soluciones que puedan existir para consumo de energía eléctrica de manera autosuficiente y promover sistemas amigables con el medio ambiente.

Por lo tanto, esta es una actividad que en Nicaragua se está consolidando por medio de la implementación del Plan Nacional de Inversiones en energías renovables y la Política General del Subsector Eléctrico, la cual orienta y facilita el desarrollo sustentable del sector energía, para contribuir al desarrollo nacional en un marco de equidad social, crecimiento económico y preservación del medio ambiente.

La propuesta de este estudio es diseñar y evaluar un sistema de generación basado en el uso e implementación de paneles solares para autoconsumo, con el objeto de llegar a formular una propuesta y presentar soluciones, se evalúa la situación energética actual, presentando la información general sobre la capacidad de generación y la necesidad e importancia de la energía utilizada para el abastecimiento, adquiriendo indicadores para conseguir mejores resultados y determinar la viabilidad de la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en dicho colegio.

## **II. Objetivos del Estudio**

### **3.1. Objetivo General**

- **Diseñar y evaluar de un sistema de micro generación Fotovoltaica con el software PVSYST en la comunidad la conquista.**

### **3.2 Objetivo Especifico**

- Obtener los datos promedios de irradiación solar la comunidad la conquista.
- Calcular la demanda en Kwh del colegio vocacional.
- Dimensionar y seleccionar los equipos para el sistema fotovoltaico utilizando el software PVSYST.
- Utilizar el software AutoCAD para realizar el diseño propuesto
- Proyectar la evaluación financiera del SFV utilizando el PVSYST como una opción energética alternativa.

### **III. Justificación**

En la actualidad la tecnología ha estado avanzando acorde al tiempo y está cambiando de forma logarítmica con el objetivo específico de mitigar el impacto ambiental y combatir el calentamiento global, visto de otra manera busca disminuir la contaminación ambiental, uno de los mayores problemas mundiales que afecta a todos los seres vivos.

La importancia del estudio se fundamenta en poder analizar la alternativa de generación eléctrica por paneles fotovoltaicos como una oportunidad de uso general y de autoconsumo.

Los beneficios para el usuario son evidentes en relación costo-beneficio, al no tener que requerir de un abasto externo de energía eléctrica.

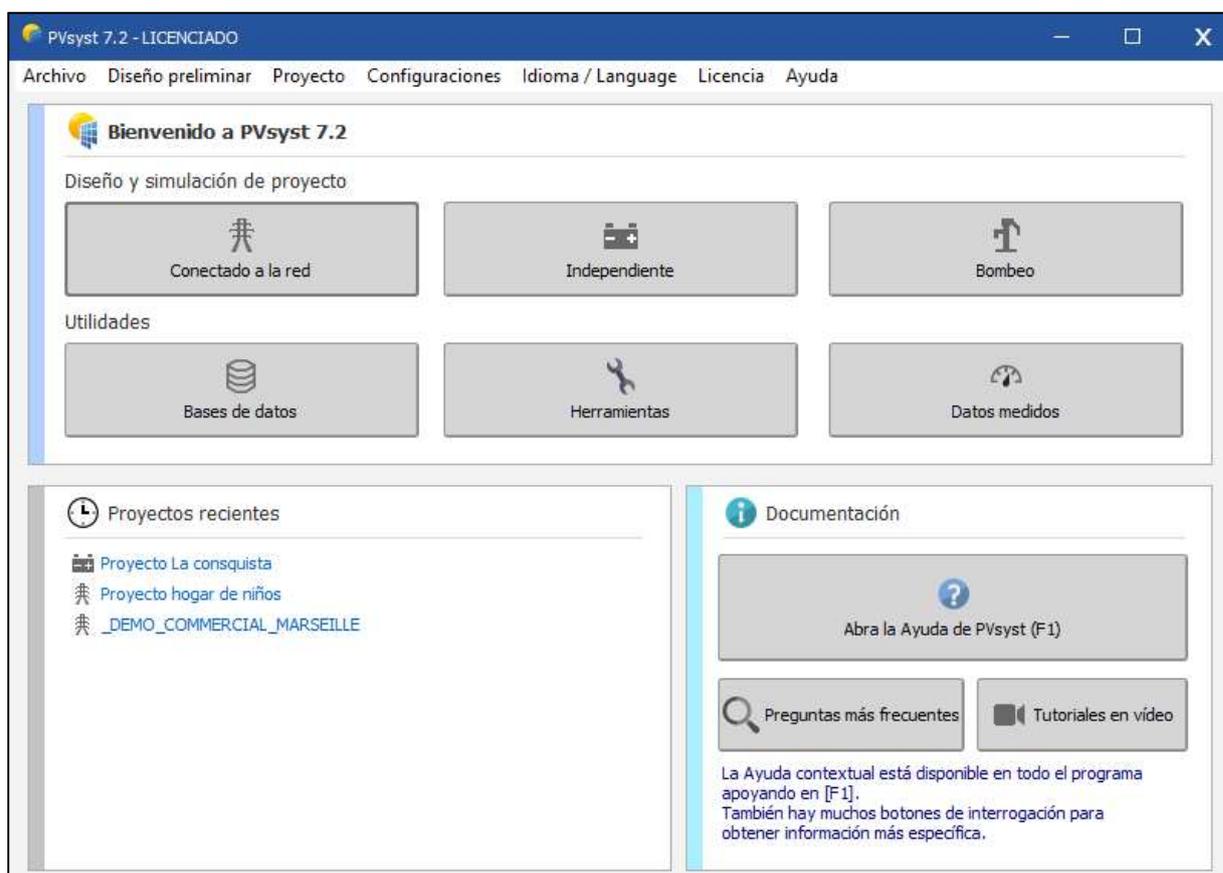
A corto plazo la inversión inicial puede resultar elevada, pero puede tener grandes beneficios a largo plazo pues el equipo no requiere de un mantenimiento costoso además de ser sencillo, esto implica que no generara costos excedentes después las condiciones de seguridad en la instalación fotovoltaica aislada no suele presentar problemas técnicos en su operación diaria, operando el sistema o instalación en condiciones normales.

Los nuevos profesionales del área de la Ingeniería Eléctrica del país principalmente los graduados en la Universidad Nacional de ingeniería deben estar al tanto de la forma como trabaja este tipo de tecnología y como es el rendimiento de estas. Para así poder implementar proyectos de generación solar que contribuyan al cambio de la matriz energética, con lo cual permitiría un desarrollo sustentable del país.

## IV. Marco Teórico

### 4.1 Software PVSYST

Es una herramienta que permite el estudio, la simulación y análisis de datos completa de los sistemas fotovoltaicos. Este software permite dimensionar el tamaño de las instalaciones teniendo en cuenta la irradiación solar que recibiría en función de su ubicación gracias a su base de datos meteorológica.



Además de los dos tipos principales conectado a red y aislado. Incluye gran cantidad de opciones y permite modificar e incluir todos los datos necesarios para un estudio en detalle. Es una herramienta de pago, pero que se puede obtener gratis durante un periodo de un mes para poder probarla y después si no se adquiere una licencia funcionará en modo demostración, con algunas limitaciones.

## **4.2 Cambio climático**

El cambio climático es un problema que se ha ido agudizando a través de los años, debido a que las empresas regularmente trabajan con hidrocarburos que son totalmente dañinos para el ambiente, aunado a esto la quema de pastizales, la sobrepoblación, el crecimiento inmoderado y el uso de vehículos de combustión interna.

El cambio climático genera cambios bastante severos en la naturaleza uno de los más comunes es que existen grandes huracanes formados en una zona o bien terremotos, lluvias excesivas, temperaturas elevadas, tormentas de nieve, sequías, entre otras que generalmente provocan catástrofes mundiales

## **4.3 Fuentes no convencionales de energía**

A pesar de que tuvo sus inicios casi a la par con las convencionales, pero no fue prioridad en su momento, su necesidad se hizo verídica en la crisis energética que se inició en 1973 por la oferta de petróleo a tan bajo precio; esta crisis obligó a los países a reducir o posponer el desarrollo de los programas de desarrollo importantes, por lo que podía comprar petróleo para mantener sus economías en funcionamiento.

Se planteó la urgente necesidad de encontrar y desarrollar fuentes de energía alternativas, como otros combustibles fósiles (carbón, gas), energía nuclear y fuentes de energía renovables (OEA, 1987). Son fuentes primarias inagotables con capacidad de regeneración en un periodo de tiempo inferior al de su uso. En general todas las fuentes provenientes directa o indirectamente del sol son consideradas renovables. Adicionalmente se clasifican como fuentes renovables el calor proveniente de la tierra y las mareas ocasionadas por la atracción gravitacional entre la Tierra y la Luna.

Algunos de los principales inconvenientes de la explotación a gran escala de las energías renovables o en cantidades suficientes para desplazar energías convencionales radican en que su disponibilidad está sujeta a la geografía: recursos como el viento, el agua o el sol tienen altos potenciales de explotación en sitios específicos.

Existe además una gran variabilidad en el recurso, esto es particularmente cierto para la energía eólica, solar e hidráulica sin embalse, cuya capacidad de generación está asociada directamente a la disponibilidad del recurso y este puede presentar grandes variaciones de una hora a otra o entre el día y la noche

#### **4.4 Energía solar fotovoltaica**

La energía solar es la energía obtenida directamente del Sol. La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse, por su capacidad para calentar, o directamente a través del aprovechamiento de la radiación en dispositivos ópticos o de otro tipo; pues es un tipo de energía renovable y limpia, lo que se conoce como energía verde.

#### **4.5 Radiación solar**

La irradiación solar es parte del espectro electromagnético que emite el sol, cada fotón viene cargado con energía y mide en electrón voltio. Esta amplia gama de energía radiante tiene características similares en la naturaleza, con una alta velocidad de propagación, una de las características de la radiación solar este dado por la frecuencia y la longitud de onda, también en las formas de cómo llega a la superficie.

La intensidad de la radiación solar que llega a la parte exterior de la atmósfera depende de la distancia entre la tierra y el sol. Esa distancia no es constante, sino que el curso de la órbita de nuestro planeta describe una trayectoria elíptica y que su longitud varía entre  $1.47 \times 10^8$  y  $1.52 \times 10^8$  kilómetros.

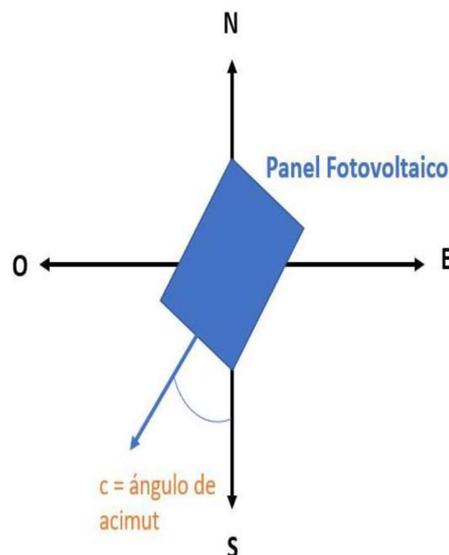
#### **4.6 Orientación e Inclinación de los Módulos Solares**

En el momento de diseñar una instalación solar, es muy importante tener en cuenta la ubicación de los módulos solares, ya que es los módulos recibirán la mayor cantidad de radiación solar posible.

La orientación está definida por el ángulo azimut  $\alpha$ , el azimut es el ángulo que está conformado por la proyección sobre el plano horizontal de la normal sobre la superficie del módulo y tomando en cuenta el meridiano de la ubicación bajo estudio

#### 4.7 Angulo Azimut

El azimut corresponde al ángulo en que está rotado, tomando en cuenta el norte, el eje central del módulo fotovoltaico, o también a la superficie donde será implementado. Los ángulos son positivos hacia el este y negativos hacia el oeste. Cuando se tiene un azimut igual a  $0^\circ$  se refiere a que el panel está en dirección hacia el Norte,  $90^\circ$  para el Este,  $-90^\circ$  a el Oeste y  $180^\circ/-180^\circ$  para el Sur



#### 4.8 Sistemas fotovoltaicos

Se llama sistema fotovoltaico al conjunto de elementos, debidamente acoplados, que permiten utilizar la energía eléctrica obtenida por conversión de la energía solar mediante las células o celdas solares. Los sistemas fotovoltaicos presentan una importante simplificación respecto a los procesos energéticos convencionales, debido a que transforman una energía primaria la energía solar en electricidad de un modo directo, es decir, sin transformaciones intermedias en otras formas de energía.

Por lo tanto, las células solares o celdas fotovoltaicas son dispositivos capaces de transformar la radiación solar en electricidad de un modo directo

Las celdas fotovoltaicas son placas fabricadas principalmente de silicio. Cuando al silicio se le añaden cantidades relativamente pequeñas de ciertos materiales con características muy particulares obtiene propiedades eléctricas únicas en presencia de luz solar, los electrones son excitados por los fotones asociados a la luz y se mueven a través del silicio produciendo una corriente eléctrica, este efecto es conocido como fotovoltaico. La eficiencia de conversión de estos sistemas es de alrededor de 15%, por lo que un metro cuadrado puede proveer aproximadamente unos 150 W.

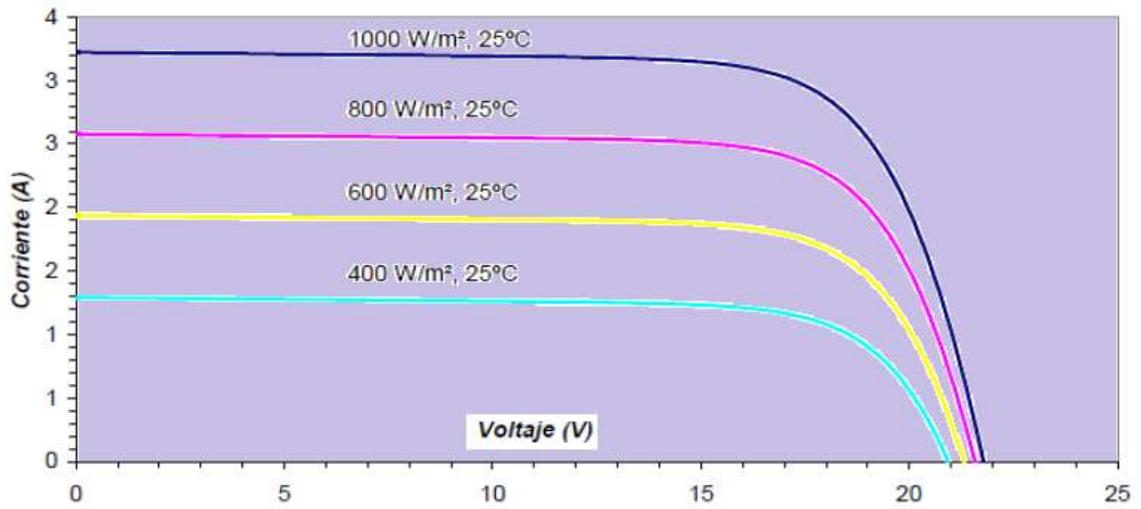
Las celdas fotovoltaicas para poder proveer de energía eléctrica en las noches, requieren de baterías donde se acumula la energía eléctrica generada durante el día, lo cual encarece su aplicación. También existen otra posibilidad de utilización de este sistema, como por ejemplo sistema fotovoltaico conectado directamente a la red eléctrica, evitando así el uso de baterías, por lo que la energía que se genera se usa de inmediato, con la posibilidad de vender los excedentes de electricidad a las compañías generadoras, sistema que ya se ha implementado en varios países.

#### **4.9 Efecto de la variación de la irradiancia**

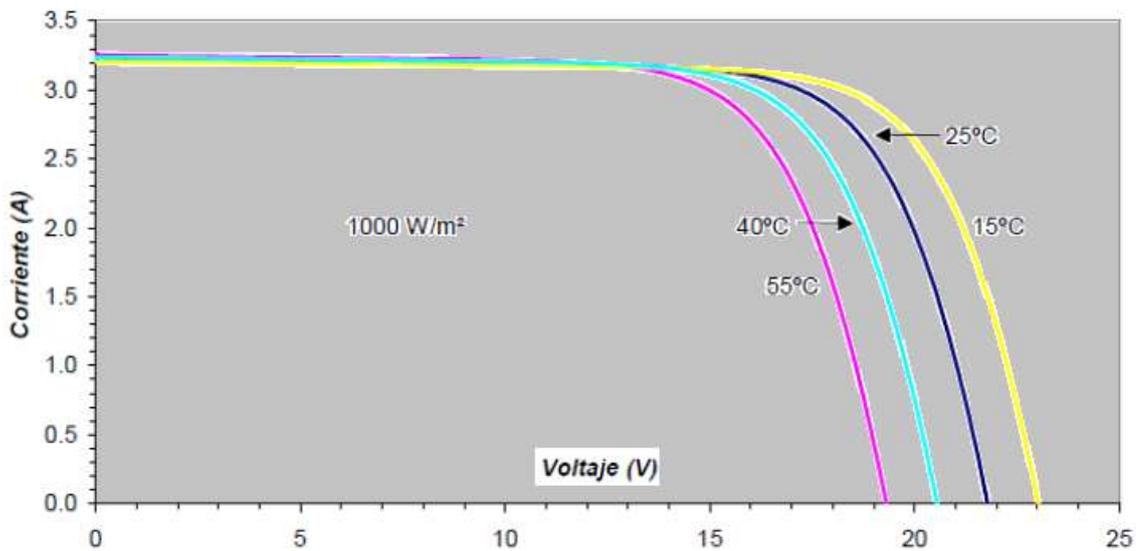
Cuando varía la irradiancia incidente sobre una célula FV se produce un cambio en la corriente y en el voltaje de salida. La corriente de cortocircuito varía linealmente con la irradiancia, mientras que el voltaje de circuito abierto se ve menos afectado, presentando una dependencia logarítmica.

#### **4.10 Efecto de la variación de la irradiancia**

El principal efecto del aumento de la temperatura de la célula es una reducción del voltaje de circuito abierto. La corriente de cortocircuito aumenta en una proporción muy pequeña. Las variaciones de los parámetros de célula son diferentes para cada tecnología y para cada fabricante (ver figura).



Variación de las curvas I-V con la irradiancia incidente a una temperatura de 25 ° C



Variación de las características I-V de un módulo fotovoltaico típico con la temperatura de operación para una irradiancia constante de 1000 W/m2

En las figuras anteriores se presenta la variación de la curva I-V de un generador con la irradiancia y con la temperatura de operación. La corriente de cortocircuito aumenta linealmente con la irradiancia, mientras que el voltaje de circuito abierto disminuye con la temperatura y en consecuencia la potencia máxima disminuye con la temperatura.

El rendimiento o eficiencia de conversión fotovoltaica se define como:

$$n_g = \frac{P_m}{P_{radiacion}} = \frac{V_m I_m}{G A_g}$$

donde G es la irradiancia solar y Ag es el área activa del generador.

Para dimensionar el generador fotovoltaico consiste en determinar la potencia pico que se necesita instalar para satisfacer los consumos a lo largo de todo el año. El cálculo se hace para el mes crítico, utilizando valores medios mensuales.

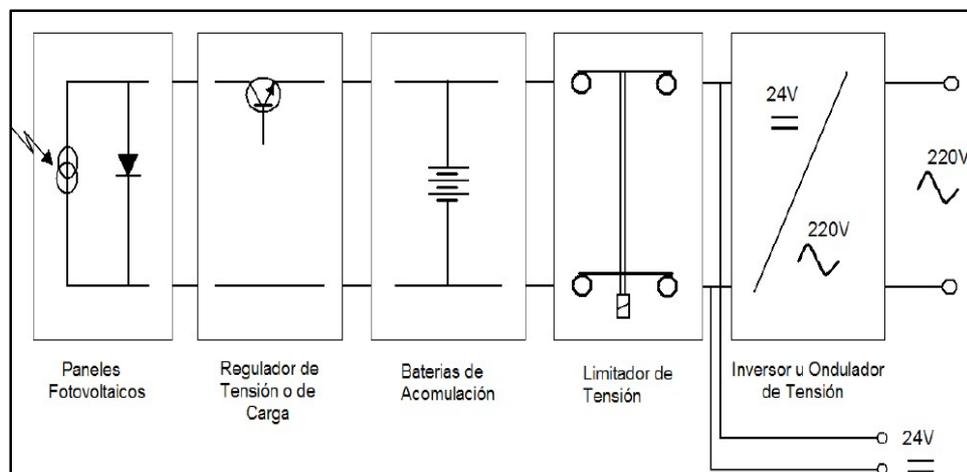
#### **4.11 Componentes principales de un sistema fotovoltaico**

Consta principalmente de los siguientes elementos:

- Paneles Fotovoltaico
- Estructura y cimientos del arreglo
- Reguladores de voltaje
- Controlador de carga de batería
- Inversor de corriente cd/ca o un rectificador ca/cd
- Baterías de almacenamiento eléctrico y recinto para ellas
- Instrumentos
- Cableado para la conexión de los equipos
- La Caja General de Protección
- Protecciones eléctricas (NEMA)
- Estructuras de soporte

Un sistema fotovoltaico no siempre consta de la totalidad de los elementos arriba mencionados. Puede prescindir de uno o más de éstos, dependiendo del tipo y tamaño de las cargas a alimentar, el tiempo, hora, época de operación y la naturaleza de los recursos energéticos disponibles en el lugar de instalación.

Los componentes de un sistema fotovoltaico dependen del tipo de aplicación que se considere y de las características de la instalación. Para el caso de un sistema autónomo, los componentes necesarios para que funcione correctamente y tenga una elevada fiabilidad son:



**Figura 1:** Diagrama eléctrico de una instalación Fotovoltaico



**Figura:** Componentes de un sistema fotovoltaico

## 4.12 Tipos de Conexiones de Módulos Solares

La intensidad y la tensión de un módulo fotovoltaico no siempre satisfacen los recursos de tensión e intensidad de un sistema.

Es necesario agrupar varios módulos para conseguir valores adecuados, teniendo en cuenta que conectando módulos en serie aumenta la tensión del sistema y conectando módulos en paralelo se aumenta la intensidad de corriente del sistema más características de tensión y de corriente no siempre satisfacen

### Conexión en Serie:

En esta conexión se obtiene al unir la entrada positiva de un módulo con el negativo del otro modulo, obtenido en sus extremos una tensión resultante igual a la adición de las tensiones parciales. Con ello se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada.



Figura: Conexión en serie de módulos fotovoltaicos

### Conexión en Paralelo:

En esta conexión se obtiene al unir la entrada y las salidas de cada módulo solar, obteniendo como resultado la misma tensión y la sumatoria de corriente de cada módulo. Con ello conseguimos aumentar la corriente generada (sumar la intensidad eléctrica de los paneles) y mantener fijo el voltaje.

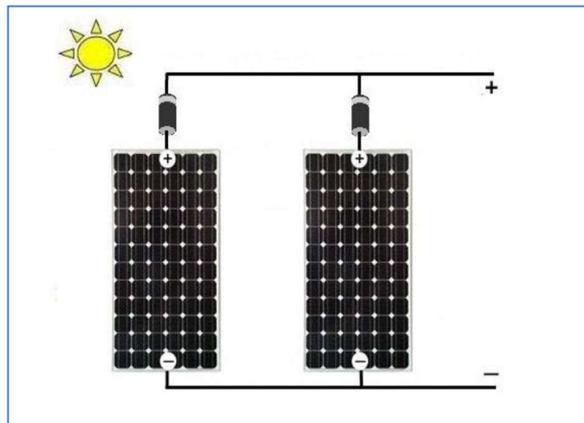


Figura: Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos

### Conexión de módulos en serie/paralelo

La tensión del generador es la tensión del módulo multiplicado por el número de módulos en serie y la corriente de generador fotovoltaico es igual a la corriente de cada módulo multiplicado por el número de ramas de módulos.

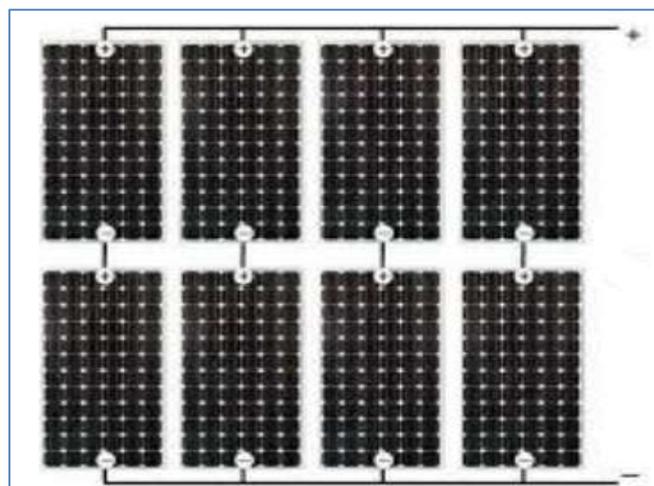


Figura: Conexión serie/paralelo de módulos fotovoltaicos

## **Estructura de soporte para paneles solares**

El tipo de estructura depende de las condiciones climatológicas, la aplicación y los requerimientos específicos de cada proyecto. Para nuestro caso, analizaremos si se debe utilizar seguidores solares o un sistema fijo.

**Sistema Fijo:** este sistema está fijo y para ello se debe realizar un estudio de determinación de la inclinación adecuada. El mantenimiento es mínimo, es la estructura que genera menor eficiencia, pero es la más económica.

**Seguidores solares:** especialmente en cielos despejados, con alto efecto de radiación directa (nubosidad baja), se suele utilizar seguidores solares. Estos incrementan los costos iniciales, ya que se necesitan sistemas de control para modificar la inclinación (seguir al sol), un motor, engranajes y demás elementos mecánicos.

### **4.13 El Controlador**

El controlador o regulador de carga asegura que la batería funcione en condiciones apropiadas, evitando la sobrecarga y sobre descarga de la misma, fenómenos ambos muy perjudiciales para la vida de la batería.

Tipos de controladores

En toda instalación fotovoltaica aislada existen dos tipos de reguladores de carga solares: los PWM y los MPPT. Ambos se encargan de lo mismo, controlar el flujo de energía entre el campo fotovoltaico y las baterías.

Controlador (o regulador) PWM: Un regulador PWM (Modulación por anchura de pulsos) sólo dispone en su interior de un Diodo, por tanto, el campo fotovoltaico funciona a la misma tensión que las baterías. La energía a un lado y al otro del regulador es la misma, con los valores de tensión y corriente iguales también.

Esto hace que los módulos no trabajen en su punto de máxima potencia, sino en el que impone la batería según su estado de carga, produciendo una pérdida de potencia, que puede llegar hasta el 25 - 30%.

El regulador PWM es capaz de llenar por completo la batería gracias a que introduce la carga de forma gradual, a pulsos de tensión, en la fase de flotación, fase de llenado último de la batería. Así, la corriente se va introduciendo poco a poco hasta que la batería se llena de manera óptima y estable. (Llauca Chozo, 2016).

Controlador (o regulador) MPPT: Un regulador MPPT o maximizador solar dispone, además del diodo de protección, de un convertidor de tensión CC-CC y de un seguidor del punto de máxima potencia. Esto le permite dos cosas:

El convertidor de tensión CC-CC (de alta tensión en el campo fotovoltaico a baja tensión en las baterías) permite trabajar a tensiones diferentes en el campo fotovoltaico y en las baterías.

El seguidor del punto de máxima potencia (MPPT por sus siglas en inglés) adapta la tensión de funcionamiento en el campo fotovoltaico a la que proporcione la máxima potencia.

Por tanto, en un regulador MPPT la energía que entra y sale del regulador es la misma, al igual que en los reguladores PWM, pero la tensión y la corriente son diferentes a un lado y a otro. Con ello se consigue aumentar la tensión del panel solar y aumentar la producción solar en hasta un 30% respecto a los reguladores PWM, aunque también son más caros los MPPT.

## Características del Controlador de carga

Para definir o caracterizar completamente un Regulador se deben especificar:

**Tensión Nominal:** el valor más común es 12 V, aunque existen modelos que permiten su selección manual o automática en un rango habitual entre 12 y 48 V.

**Intensidad Nominal:** define a la corriente procedente del Campo FV que puede manejar el Regulador



Figura: Controladores para sistemas fotovoltaicos

## 4.14 El Inversor

El convertidor de corriente DC/AC, también llamado inversor u ondulator, es un dispositivo electrónico de potencia encargado de convertir la corriente continua (DC) proveniente de los generadores fotovoltaicos en corriente alterna (AC) para su consumo en la vivienda. Además, sincroniza la frecuencia de la corriente inyectada con la de la red, adaptándola a las condiciones requeridas según el tipo de carga, garantizando así la calidad de la energía vertida en la instalación eléctrica de la vivienda.

Los inversores vienen caracterizados principalmente por la tensión de entrada desde las baterías, la potencia máxima que puede proporcionar y su eficiencia o rendimiento

de potencia. Este último se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega para su uso (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del sistema de baterías o de los generadores fotovoltaicos (potencia de entrada).

En general, los inversores en las instalaciones fotovoltaicas deben cumplir las siguientes exigencias:

Deberán ofrecer una eficiencia lo más alta posible que minimice las pérdidas. El rendimiento de potencia de los inversores (cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada), oscila entre el 90% y el 97%. El valor del rendimiento depende mucho de la potencia de entrada, que deberá ser lo más cercana, o incluso tratar que sea igual a la nominal de funcionamiento del inversor, dado que si varía mucho entonces el rendimiento del inversor disminuye sensiblemente.

Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas, como más adelante se verá.

Disponer de elementos que incorporen el rearme y desconexión automática del inversor.

Poder admitir demandas instantáneas de potencia mayores del 150% de su potencia máxima o nominal, con objeto de hacer frente a los picos de arranque que originan muchos electrodomésticos, como frigoríficos, lavadoras, etc., que van a demandar mayor potencia que la nominal en el momento de su puesta en marcha o arranque de sus motores.

Ofrecer una baja distorsión armónica y bajo autoconsumo.

Disponer de aislamiento galvánico.

Disponer de sistema de medida y monitorización.

Incorporar controles manuales que permitan el encendido y apagado general del inversor, y su conexión y desconexión a la interfaz AC de la instalación.

Volviendo a las protecciones que deben incorporar en sus funciones los inversores de corriente, éstas deberán ser las siguientes:

Protección contra sobrecargas y cortocircuitos, que permitirá detectar posibles fallos producidos en los terminales de entrada o salida del inversor.

Protección contra calentamiento excesivo, que permitirá desconectar el inversor si la temperatura del inversor sobrepasa un determinado valor umbral, y mantenerse desconectado hasta que el equipo no alcance una temperatura inferior preestablecida.

Protección de funcionamiento modo isla, que desconectará el inversor en caso que los valores de tensión y frecuencia de red queden fuera de unos valores umbrales que permitan un funcionamiento correcto.

Protección de aislamiento, que detecta posibles fallos de aislamiento en el inversor.

Protección contra inversión de polaridad, que permite proteger el inversor contra posibles cambios en la polaridad desde los paneles fotovoltaicos.

Por último, la envolvente o carcasa que protege el dispositivo inversor ofrecerá un grado de aislamiento de tipo básico clase 1 y un grado de protección mínima IP20 para aquellos inversores instalados en el interior de edificios y sean lugares inaccesibles, de IP30 para inversores situados en el interior de edificios y lugares accesibles, y con grado de protección mínima de IP 65 para inversores instalados a la intemperie.



Figura: Inversores para sistemas fotovoltaicos

#### 4.15 Cables de conexionado

Es el componente indispensable para el transporte de energía eléctrica entre los diferentes bloques del sistema fotovoltaico.

Como es inevitable que ocurra la pérdida de energía en forma de calor, debido a que la resistencia eléctrica del conductor nunca es nula, la elección de un cable conductor representa un compromiso entre un valor bajo de resistencia y el coste del mismo.

Dentro de la gama de materiales existentes, el cobre presenta una buena solución, al ser un material ligero, lo que favorece su empleo en instalaciones eléctrica.

La resistencia de un material conductor viene dada por la expresión

Donde:

$$R = \frac{\rho L}{S}$$

- R: representa el valor de la resistencia lineal en  $\Omega$  y depende del material

conductor y de la temperatura de trabajo que alcanza el conductor,

- L: la longitud del conductor en m,

- A: es el área de la sección del conductor en mm<sup>2</sup>,

-  $\rho$ : resistencia del material,

La expresión anterior indica que, para una longitud determinada, un aumento del diámetro significa una menor caída de voltaje en el cable (menor pérdida de energía).

Esto implica que en el diseño del cableado se deberán tener en cuenta las caídas de tensión producidas en los conductores debido a la resistencia de los mismos. Para ello las secciones de los cables utilizados en nuestra instalación, deben calcularse en función de la máxima caída de tensión recomendada.

#### **4.16 El banco de baterías**

Las instalaciones de sistemas de generación eléctrica aislados o no conectados a la red eléctrica, tienen la característica principal de necesitar un sistema de almacenamiento para hacer frente a las demandas energéticas en los períodos en los que no hay producción de energía.

La forma más común para almacenar la energía eléctrica producida se basa en el empleo de acumuladores electroquímicos o baterías. Una batería almacena electricidad para ser utilizada durante la noche en el caso de la energía solar o para satisfacer la demanda energética de las cargas cuando los módulos o el aerogenerador no están generando suficiente potencia para ello, es decir, cuando las condiciones meteorológicas no son buenas.

Un acumulador electroquímico es una pila que puede regenerarse mediante el paso de una corriente eléctrica. Se compone esencialmente de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen las reacciones químicas en los procesos de carga o descarga. De hecho, los acumuladores actúan como pilas durante la descarga y como células electrolíticas durante la carga. La fuerza electromotriz que producen es pequeña, por lo que, se asocian varios acumuladores constituyendo una batería

#### **Las baterías en las instalaciones fotovoltaicas cumplen la condición de:**

- a) Almacenar energía durante un determinado número de días.
- b) Proporcionar una potencia instantánea elevada.
- c) Fijar la tensión de trabajo de la instalación.

Uno de los parámetros más importantes que tener en cuenta a la hora de elegir un acumulador es la capacidad. Se define como la cantidad de electricidad que puede lograr-se en una descarga completa del acumulador partiendo de un estado de carga total del mismo. Se mide en amperios hora (Ah), y se calcula como el producto de la intensidad de descarga del acumulador durante el tiempo en el que está actuando:  $C = I \cdot t$ . Además de la capacidad, debemos considerar otros parámetros en los acumuladores que vamos a utilizar en las instalaciones fotovoltaicas:

**Eficiencia de carga:** relación entre la energía empleada para recargar la batería y la energía realmente almacenada. Interesa que sea un valor lo más alto posible (próximo al 100 %, lo que indicaría que toda la energía utilizada para la recarga es factible de ser empleada en la salida de la instalación). Si la eficiencia es baja, será necesario aumentar el número de paneles solares para obtener los resultados deseados.

**Autodescarga:** proceso mediante el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse.

**Profundidad de descarga:** cantidad de energía, en tanto por ciento, que se obtiene de la batería durante una determinada descarga, partiendo del acumulador totalmente cargado. Está relacionada con la duración o vida útil del acumulador. Si los ciclos de descargas son cortos (en torno al 20 %, por ejemplo), la duración del acumulador será mayor que si se les somete a descargas profundas (por ejemplo, del 80 %).

**Baterías para sistemas fotovoltaicos:** Se usan en la mayoría dos diferentes tipos de baterías de plomo:

### 1. Baterías Líquidas

Son las más antiguas y su simple producción permiten precios favorables. Existen en **versión abierta** con tapas que dejan sustituir el agua o en **versión 'libre de mantenimiento'** que son cerradas, pero con válvulas para que posibles gases puedan escapar durante cargas excesivas (en la realidad no son libre de mantenimiento, son de bajo mantenimiento). Sus ventajas aparte de los precios es que son menos problemáticos si se sobrecargan. Las desventajas son que durante la carga escapa hidrógeno (explosivo), existe el peligro de perder el muy agresivo ácido, un control del nivel del agua es necesario (en las de 'libre mantenimiento' no se pueden sustituir el agua), y su corta vida típica de aproximadamente 400 ciclos de carga y descarga. Una ventilación es muy importante para estos tipos de batería y temperaturas bajo cero pueden destruirlas rápidamente.

## 2. Baterías tipo VRLA

(Abreviación del inglés: Valve Regulated Lead Acid battery). Estas baterías modernas tampoco son completamente selladas, pero contienen una tecnología que recombinan el oxígeno y hidrógeno que sale de las placas durante la carga y así eliminan la pérdida de agua si no son sobrecargadas. Estas baterías funcionan en cualquiera posición. Hay dos tipos principales: los de consistencia de Gel y los AGM, donde el ácido es fijado en fibra de vidrio (AGM - absorbed glass mat). Ambas se pueden usar en temperaturas bajas.

**Baterías de Gel.** En estas baterías 'selladas', el ácido tiene la forma de gel. Su gran ventaja es que ya no hay un líquido que se puede perder, son cerradas y funcionan en cualquier posición. La corrosión es reducida y son más resistentes a bajas temperaturas. Su vida es mucho mayor que la vida de las baterías líquidas y comparado con otras, son las menos afectadas en casos de descargas profundas. Las desventajas son una resistencia interna poco más alta que reduce el flujo máximo de la corriente, son algo más delicadas para cargar y llevan un precio mayor. Estas baterías, por su larga vida, se usan frecuentemente en la industria y la telecomunicación.

**Baterías tipo AGM.** En estas baterías, desarrolladas inicialmente para la aviación, el ácido está fijado en fibras de vidrio (a veces se llaman baterías 'secas' por su reducida cantidad de ácido). Cada vez más se usan en sistemas solares y eólicos. Sus ventajas son una alta resistencia en climas fríos, su auto descarga sobre el tiempo es mínimo y tiene la eficiencia más alta de todas las baterías de plomo (hasta 95%). Tienen una baja resistencia interna que permite corrientes altas. Desventaja, aparte del precio, es su vulnerabilidad más alta a descargas profundas. La vida puede variar considerablemente según calidad.

Queremos destacar que no existe *la* mejor batería. Hay que encontrar la batería óptima para cada solución. Hay una tendencia de cada vez más usar las de tipo AGM por su buena relación de vida por precio y su manejo fácil con un peligro reducido. Las baterías tipo VRLA son las únicas del tipo plomo que se permite transportar en aviones.

Existen baterías líquidas tradicionales aptos para aplicaciones solares y eólicas de una excelente calidad con una vida extrema que se usan frecuentemente en operaciones de altas exigencias (¡un ejemplo son las baterías tubulares OPzS de Hoppecke que pueden alcanzar una vida de diseño hasta 25 años! Vea imagen a la izquierda).

En mercados con una oferta reducida, baterías de ciclo profundo que se usan en la minería o para carretillas elevadoras (montacargas) pueden ser una opción viable, Para alguien que siempre pueda asegurar la atención necesaria, una batería líquida tradicional puede ser una opción sobre todo considerando el precio donde el mejor precio puede justificar una vida algo menor. Como sea, no podemos recomendar ahorrar en baterías. Baterías son el 'Talón de Aquiles' de cualquier sistema independiente de la red.



Figura: Baterías para sistemas fotovoltaicos

Con la finalidad de obtener el voltaje y corriente eléctrica deseado para una instalación fotovoltaica se realiza el conexionado de baterías tal como se muestra en la siguiente figura.

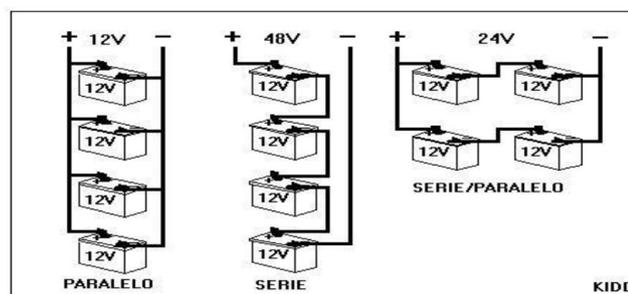


Figura: Conexiones de baterías

## 4.17 Características del sistema fotovoltaico

### Parámetros de las cargas:

- Potencia instalada  $P_I$
- Capacidad instalada del sistema  $CIS$
- Carga máxima  $D_M$
- Número de horas de carga equivalente (EH)
- Curva de carga diaria
- Carga promedio  $D_P$

### Indicadores de la carga eléctrica del sistema:

- Factor de demanda  $FD$
- Factor de utilización  $FU$
- Factor de planta  $F_{PL}$
- Factor de carga  $F_C$

## 4.18 Normatividad eléctrica

Hay normativa nicaragüense para la realización de instalaciones eléctricas en viviendas y edificios públicos. Para el caso de instalaciones de arreglos fotovoltaicos, la distribuidora tiene reglamentos relativos para su instalación, protección y mantenimiento.

Para una instalación eléctrica de vivienda general, se debe de atender el código de Instalaciones eléctricas nicaragüense. Además, Disnorte-Dis-sur recomienda las siguientes normas para el caso de instalaciones fotovoltaicas: Sistema de energía fotovoltaica y el Código Eléctrico Nacional (NEC).

## **V. Análisis y Presentación de resultados de PVSYST**

El tipo de investigación es de campo e investigación cuantitativa. De campo porque se recaba información en el lugar del estudio mediante técnicas específicas y cuantitativa porque se generó datos apoyados en software estadísticos

La investigación sobre los equipos fotovoltaicos disponibles actualmente en el mercado y sus principales características, se realizará básicamente ingresando a los sitios web de los principales distribuidores de este tipo de componentes, que generalmente brindan información explícita sobre los aspectos más relevantes de los equipos en cuestión (eficiencia, capacidad, costos, etc.).

Es necesario establecer un promedio de la potencia que consume cada aparato de iluminación, así como de la cantidad de horas que se utiliza diariamente cada uno de dichos equipos, para determinar de esta forma cuál es la carga total que se requiere alimentar a partir del sistema generador fotovoltaico. Para este cálculo, deberán aproximarse también las posibles pérdidas que se dan en el sistema (pérdidas en cables, eficiencia de los componentes).

Además, se hace un análisis de los pasos a realizar en el diseño del sistema fotovoltaico, así como los criterios que se tienen que considerar para poder ser aplicados, contemplando las normas de diseño eléctrico y el dimensionamiento del sistema FV.

Breve descripción de cómo realizar el diseño del sistema en la industria:

1. El diseño del sistema fotovoltaico comienza cuando el especialista o ingeniero eléctrico visita el lugar para verificar la cantidad de equipos a suministrar energía.
2. Teniendo en cuenta la ubicación del proyecto (Valor real de la irradiación) es necesario determinar la problemática a resolver y ver cuál es la solución más viable al problema.

3. Desde ahí se comienza a realizar un estudio de capacidad de demanda en kwh .
4. Teniendo esta información se puede empezar a determinar los dimensionamientos de: paneles solares, banco de baterías, sistema de control a utilizar etc.
5. Ingresar los parámetros en el software para calcular el sistema, para luego diseñar el plano del SFV en AutoCAD.
6. Proyectar la evaluación financiera con el software PVSYST para determinar la rentabilidad de la misma.

Finalmente, el cálculo de la evaluación financiera se realiza en base a los precios promedio de los equipos más favorables a los fines del proyecto, incluyendo además una estimación de los gastos adicionales derivados de la instalación, administración u otros gastos generales.

### **5.1 Dimensionamiento del sistema con PVSYST**

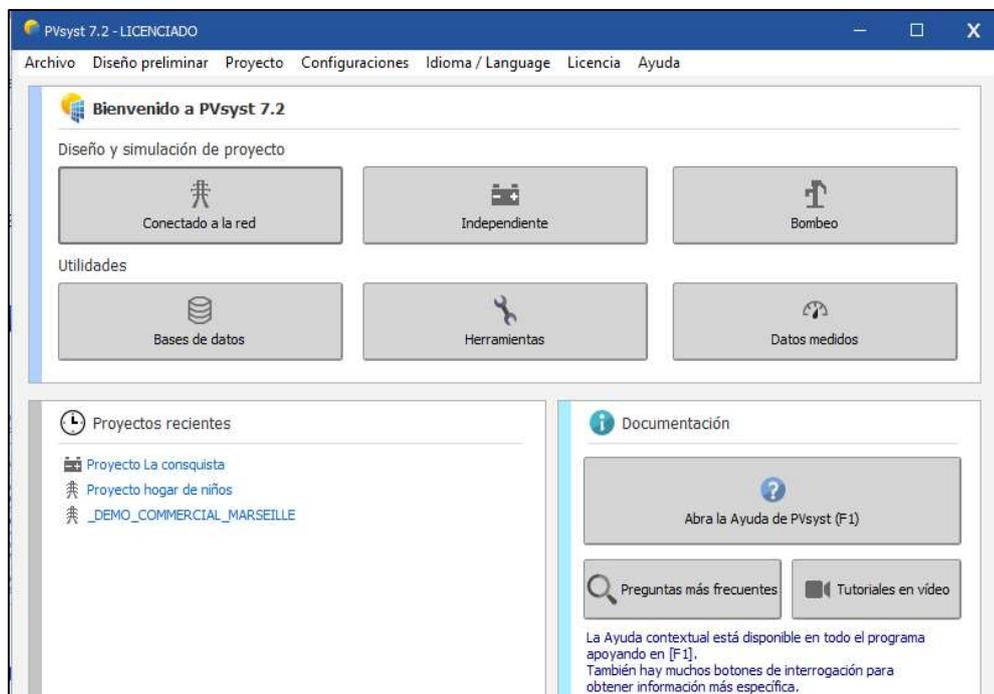
Para iniciar debemos seleccionar el tipo de instalación que queremos simular y definir el nombre del proyecto, entonces en la pantalla de inicio seleccionamos Diseño del proyecto y se muestran en la pantalla las opciones siguientes:

- a. Conectado a red.
- b. Aislado.
- c. Bombeo.

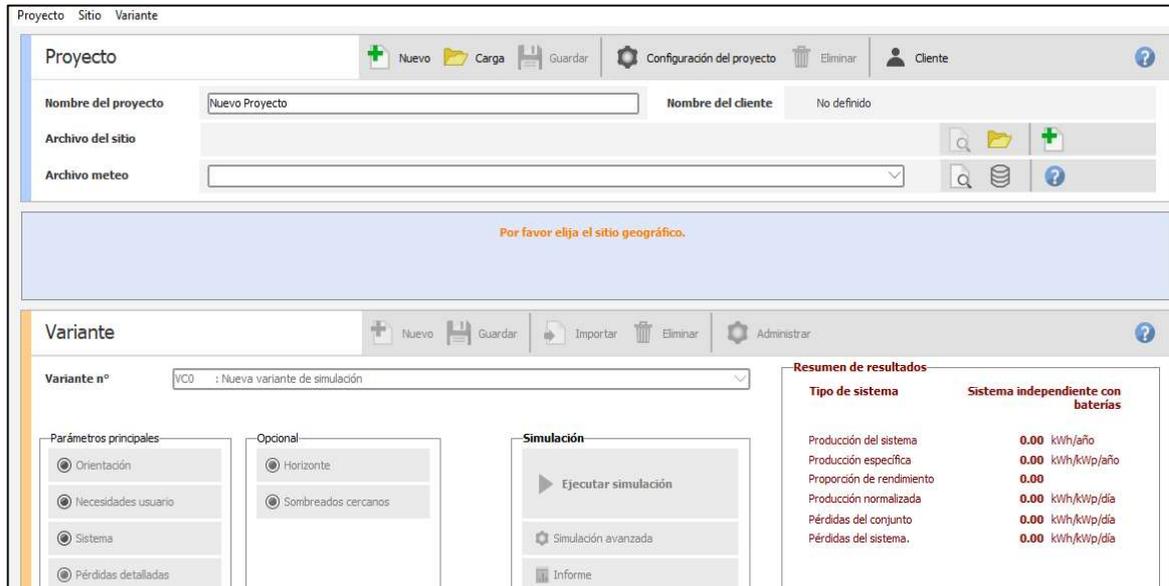
La opción elegida es Aislado. La imagen de a continuación muestra como aparece en el propio programa



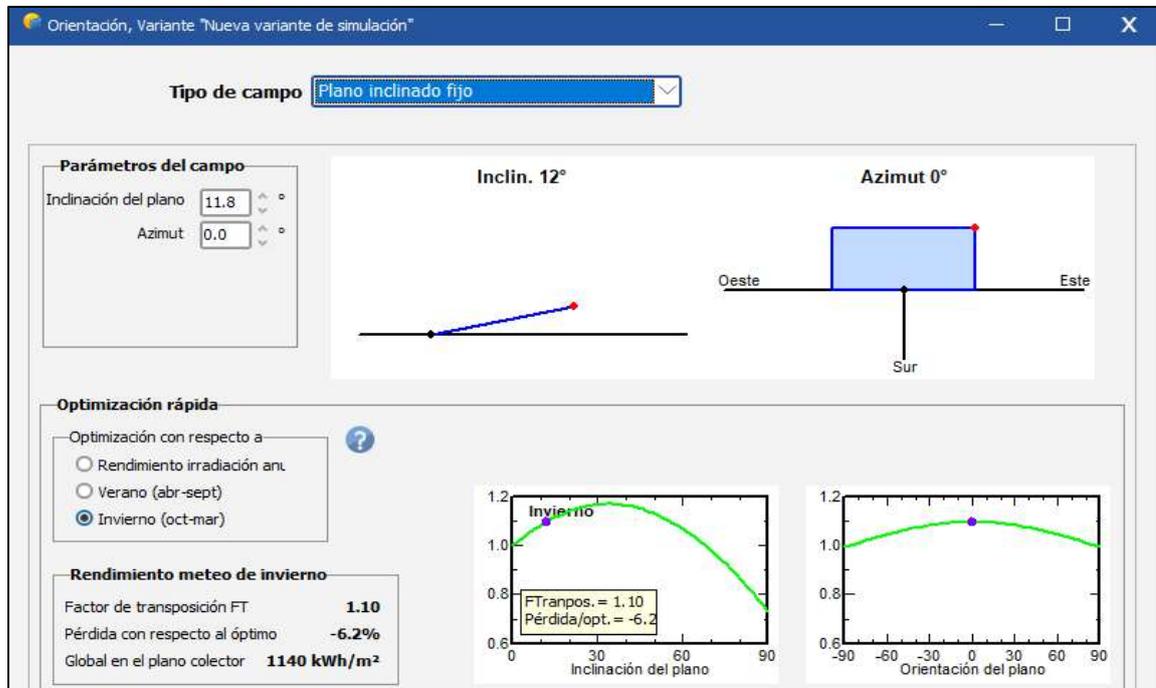
Dentro de este menú del PVSYST se elegirá la opción Aislado para llenar los datos del proyecto.



Se ingresa un nombre al proyecto tal como se observa e Ingresamos la ubicación en términos de latitud y longitud



El siguiente paso es elegir la inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos y para ello vamos a considerar el resultado realizado con el método del mes crítico y vamos ajustando el ángulo de tal manera que las perdidas sean lo más próximo a 0,0 % (ver Figura) Resulta que el ángulo de inclinación debe ser de  $11.8^\circ$



A continuación, se introducen los consumos del sistema dependiendo de las cargas que se contengan en el centro de la conquista tal como se muestra en la Figura

Uso diario de energía, variante "Nueva variante de simulación"

### Definición de consumos domésticos diarios para Enero.

Consumo Distribución por hora

Número	Aparato	Potencia	Uso diario	Distrib. por hora	Daily energy
10	Lámparas (LED o fluo)	10 W/lámpara	4.0 h/día	OK	400 Wh
2	TV / PC / móvil	240 W/apar.	1.0 h/día	OK	480 Wh
4	Electrodomésticos	350 W/apar.	1.0 h/día	OK	1400 Wh
1	Nevera / congelación profunda	1.00 kWh/día	1.0	OK	1000 Wh
1	Lavaplatos y lavadora	270.0 W prom	1.0 h/día	OK	270 Wh
2	moden y camaras	40 W/apar.	24.0 h/día	OK	1920 Wh
0	Otros usos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
Consumidores en espera		0 W tot	24 h/día		0 Wh
<b>Energía diaria total</b>					<b>5470 Wh/día</b>
<b>Energía mensual</b>					<b>164.1 kWh/mes</b>

Info aparatos

**Definición de consumo por**

Años

Estaciones

Meses

**Fin de semana o uso semanal**

Usar solo durante

7 días en una semana

**Mostrar valores de**

Enero

Copiar valores

En "sistema" seleccionamos LOL (perdida de carga admisible) del 1 % y 5 días de autonomía los días de autonomía, por último, la tensión del sistema en CD que es de 48 V.

- Luego ingresamos los datos de los equipos seleccionados
- Seleccionaremos el panel fotovoltaico
- Especificaciones del módulo fotovoltaico
- Luego de ingresar lo datos presionamos Run Simulación tal como se muestra en la siguiente

Luego de ingresar lo datos presionamos Run Simulation tal como se muestra en la siguiente

**Definición de sistema independiente, Variante: Nueva variante de simulación**

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado: 5.0 %  
 5.5 kWh/día Ingrese autonomía solicitada: 4.1 día(s)

Voltaje de la batería (usuario): 48 V  
 Capacidad sugerida: 550 Ah  
 Potencia FV sugerida: 1241 Wp (nom.)

Almacenamiento: Conjunto FV, Respaldo, Esquema Simplificado

Nombre y orientación del subconjunto:  
 Nombre: Conjunto FV  
 Oriente: Plano inclinado fijo, Indinación: 12°, Azimut: 0°

Ayuda de pre-dimensionamiento:  
 Sin dimensionar  Ingrese potencia planeada: 1.3 kWp  
 ... o área disponible: 0 m<sup>2</sup>

Seleccione el módulo FV:  
 Prod. desde 2018, Ordenar módulos: Potencia (seleccionado), Tecnología  
 Peimar, 250 Wp 26V Si-poly OS250P Desde 2018 Manufacturer 201

Módulos necesarios aprox/Voltajes de dimensionamiento:  
 Vmpp (60°C): 25.6 V, Voc (-10°C): 42.3 V

Seleccione el modo de control y el controlador:  
 Controlador universal, Todos los fabricantes, Convertidor de potencia MPPT  
 Corriente máx. de carga-descarga: MPPT 1000 W 48 V 34 A 31 A Universal controller with MPPT conve G V

Modo operativo:  
 Acoplamiento directo  
 Convertidor MPPT  
 Convertidor CC-CC

Diseño del conjunto FV:  
 Número de módulos y cadenas: Mód. en serie: 3, Núm. de cadena: 2  
 Condiciones de operación:  
 Vmpp (60°C): 77 V, Vmpp (20°C): 93 V, Voc (-10°C): 127 V  
 Irradia. plano: 1000 W/m<sup>2</sup>, Imp (STC): 16.6 A  
 Potencia de funcionamiento máx.: 1.5 kW

<b>Necesid. usuario</b>	Hogar	Potencia prom.	228 W
	Proporción nocturna 50.3%	Energía día	5.5 kWh
<b>Paquete de baterías</b>	2 en paralelo, 48 V	Capacidad	648 Ah
	Autonomía 4.5 día	Energía almacenada	24.9 kWh
<b>Conjunto FV</b>	2 cadena(s) de 3 módulos	Potencia nom.	1500 Wp
	PV/PLoad 6.6	Energía prom. día	6.2 kWh

**Proyecto**

Nuevo, Carga, Guardar, Configuración del proyecto, Eliminar, Cliente

Nombre del proyecto: Proyecto La conquista, Nombre del cliente: No definido

Archivo del sitio: la conquista-Cern\_MN80.SIT, Meteorom 8.0 (2010-2014), Sat=100%, Nicaragua

Archivo meteo: Cern\_MN80\_SYN.MET, Meteorom 8.0 (2010-2014), Sat=100%, Sintético 0

**Simulación realizada (versión 7.2.8, fecha 04/04/22)**

**Variante**

Nuevo, Guardar, Importar, Eliminar, Administrar

Variante n°: VCO : Nueva variante de simulación

Parámetros principales:  
 Orientación  
 Necesidades usuario  
 Sistema  
 Pérdidas detalladas

Opcional:  
 Horizonte  
 Sombreados cercanos  
 Evaluación económica

Simulación:  
 Ejecutar simulación  
 Simulación avanzada  
 Informe  
 Resultados detallados

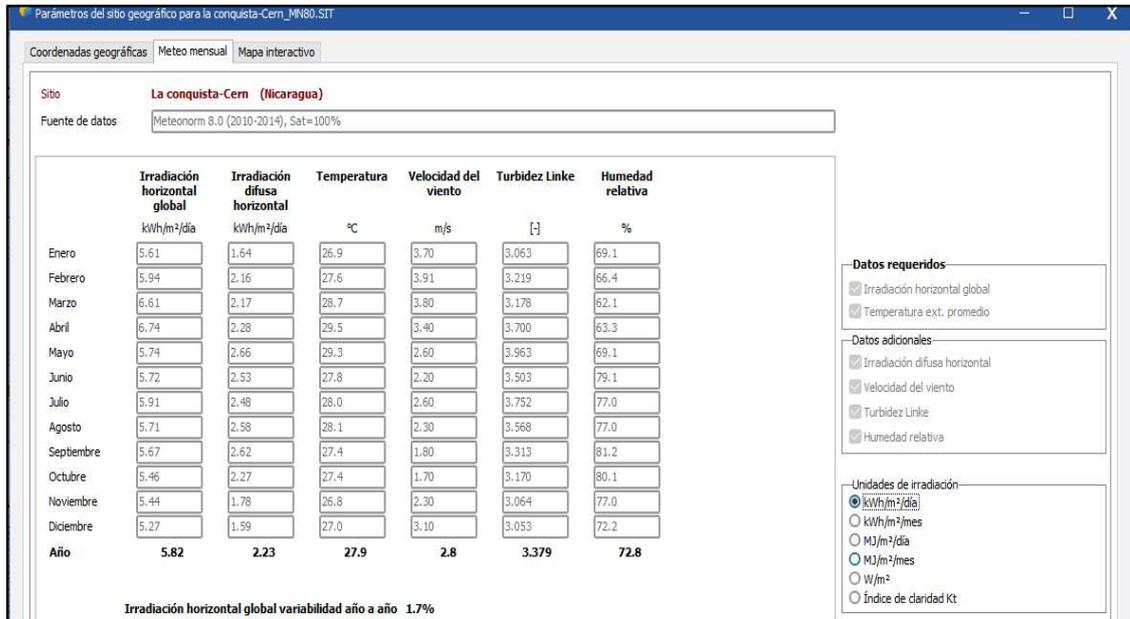
**Resumen de resultados**

Tipo de sistema	Sistema independiente con baterías
Producción del sistema	2690 kWh/año
Producción específica	1793 kWh/kWp/año
Proporción de rendimiento	0.611
Producción normalizada	3.65 kWh/kWp/día
Pérdidas del conjunto	1.87 kWh/kWp/día
Pérdidas del sistema.	0.45 kWh/kWp/día

## 5.2 Resultados de la simulación

Primero determinamos la irradiación total de la zona

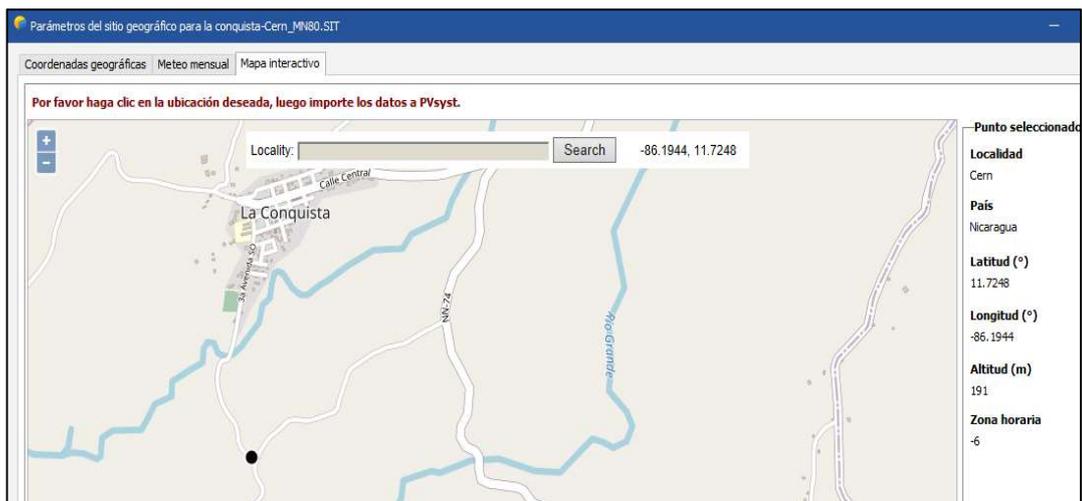
### ➤ Meteo Mensual



Coordenadas geográficas

Ubicamos el punto del proyecto para determinar la cantidad de irradiación solar para la zona

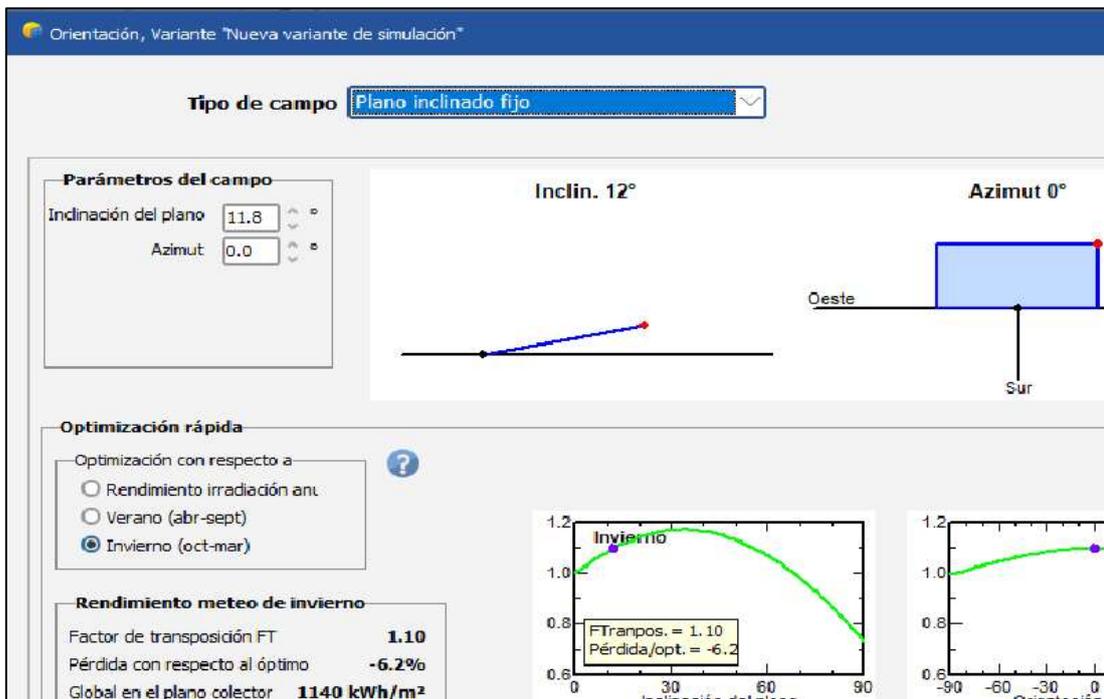
Mapa interactivo



El software PVSYST te permite generar los parámetros del sitio geográfico para la zona deseada (La conquista-Carazo) en base a las coordenadas geográficas.

The screenshot shows the 'Parámetros del sitio geográfico para la conquista-Cern\_MN80.SIT' window. It has three tabs: 'Coordenadas geográficas', 'Meteo mensual', and 'Mapa interactivo'. The 'Ubicación' section contains a text field for 'Nombre del sitio' (La conquista-Cern), a dropdown for 'País' (Nicaragua), and a dropdown for 'Región' (América del Norte). There are buttons for 'Obtener de coordenadas' and 'Mostrar mapa'. The 'Coordenadas geográficas' section includes a 'Recorridos solares' button and input fields for latitude (11.7248 decimal, 11 43 29 grad. min. seg.), longitude (-86.1944 decimal, -86 11 40 grad. min. seg.), altitude (191 M), and time zone (-6.0). A 'Obtener del nombre' button is at the bottom.

Seguido obtenemos la orientación de SFV



Es importante dimensionar el sistema en base al consumo en KW-h/día, PVSYST te permite realizar una distribución al día de las cargas en base a las necesidades del usuario.

Uso diario de energía, variante "Nueva variante de simulación"

**Definición de consumos domésticos diarios para Enero.**

Consumo: Distribución por hora

**Consumos diarios**

Número	Aparato	Potencia	Uso diario	Distrib. por hora	Daily energy
10	Lámparas (LED o fluo)	10 W/lámpara	4.0 h/día	OK	400 Wh
2	TV / PC / móvil	240 W/apar.	2.0 h/día	OK	960 Wh
4	Electrodomésticos	150 W/apar.	2.0 h/día	OK	1200 Wh
1	Nevera / congelación profunda	1.00 kWh/día	1.0 h/día	OK	1000 Wh
1	Lavaplatos y lavadora	270.0 W prom	1.0 h/día	OK	270 Wh
2	moden y camaras	20 W/apar.	24.0 h/día	OK	960 Wh
0	Otros usos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
Consumidores en espera		0 W tot	24 h/día		0 Wh
<b>Energía diaria total</b>					<b>4790 Wh/día</b>
<b>Energía mensual</b>					<b>143.7 kWh/mes</b>

Info aparatos

**Definición de consumo por:**  
 Años  
 Estaciones  
 Meses

**Fin de semana o uso semanal:**  
 Usar solo durante  
 7 días en una semana

**Mostrar valores de:**  
 Enero Copiar valores

Una vez ingresamos los valores el software inicia a predeterminar las características del sistema.

<b>Necesid. usuario</b>	Hogar	Potencia prom.	222 W	
	Proporción nocturna	50.3%	Energía día	5.3 kWh
<b>Paquete de baterías</b>	2 en paralelo, 48 V	Capacidad	736 Ah	
	Autonomía	5.3 día	Energía almacenada	28.3 kWh
<b>Conjunto FV</b>	5 cadena(s) de 3 módulos	Potencia nom.	4.72 kWp	
	PV/Pload	21.2	Energía prom. día	19.4 kWh
<b>Controlador</b>	MPPT universal	Potencia nom.	4.11 kW	
	PV/PConv	1.15	Umbrales	según SOC

En el conjunto fotovoltaico se dispone de un arreglo de 3 en serie y 5 en cadenas para un total de 15 módulos FV (Ver diseño de AutoCAD en anexos B). Tendremos una potencia máxima de funcionamiento de 4.7 kW. Según PVSYST los módulos son de 315 Wp para 31Voltios:

Condiciones de operation

$$V_{mpp}(60^\circ) = 94 \text{ v}$$

$$I_{mpp} \text{ (STC)} = 42.8 \text{ A}$$

$$V_{mpp}(20^\circ) = 113 \text{ v}$$

$$I_{sc} \text{ (STC)} = 46.2 \text{ A}$$

$$V_{mpp}(-10^\circ) = 151 \text{ v}$$

$$I_{sc} \text{ (en STC)} = 45.6 \text{ A}$$

Se selecciona un controlador Universal MPPT en 48v .

**Nombre y orientación del subconjunto**  
 Nombre:   
 Inclinación: 12°  
 Oriente: **Plano inclinado fijo**  
 Azimut: 0°

**Ayuda de pre-dimensionamiento**  
 Sin dimensionar  
 Ingrese potencia planeada:  kWp  
 ... o área disponible:  m²

**Selección del módulo FV**  
 Prod. desde 2018:   
 Ordenar módulos:  Potencia  Tecnología  
 Todos los fabricantes:   
  
 Módulos necesarios aprox. Vol. de dimensionamiento:  $V_{mpp} (60^\circ\text{C})$  31.4 V  
 $V_{oc} (-10^\circ\text{C})$  50.4 V

**Selección del modo de control y el controlador**  
 Controlador universal   
 Convertidor de potencia MPPT  
 Corriente máx. de carga-descarga  
 Modo operativo:  
 Acoplamiento directo  
 Convertidor MPPT  
 Convertidor CC-CC  
 Los parámetros de funcionamiento del controlador universal se ajustará automáticamente de acuerdo con las propiedades del sistema.

**Diseño del conjunto FV**  
**Número de módulos y cadenas**  
 Mód. en serie:  debe ser/estar:  Sin restricciones  
 Núm. de cadenas:   entre 4 y 7  
**Núm. de módulos 15 Área 29 m²**

**Condiciones de operación:**  
 $V_{mpp} (60^\circ\text{C})$  94 V  
 $V_{mpp} (20^\circ\text{C})$  113 V  
 $V_{oc} (-10^\circ\text{C})$  151 V  
 Irradia. plano 1000 W/m²  
 $I_{mpp} \text{ (STC)}$  42.8 A  
 $I_{sc} \text{ (STC)}$  46.2 A  
 $I_{sc} \text{ (en STC)}$  45.6 A  
 Potencia de funcionamiento máx. 4.7 kW  
 (en 1000 W/m² y 50°C)  
**Potencia nom. conjunto (STC) 4.7 kWp**

Podemos observar el arreglo de baterías, 8 en serie y 2 en paralelo para:

Voltaje de batería de = 48 v

Capacidad global = 736 Ah

Energía almacenada = 28kwh

Energía almacenada en la vida Útil= 39330 kwh

Definición de sistema independiente, Variante: "Nueva variante de simulación", Variant: "Nueva variante de simulación"

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado  % 5.3 kWh/día Ingrese autonomía solicitada  día(s) 

Voltaje de la batería (usuario)  V Capacidad sugerida **1152** Ah  
Potencia FV sugerida **1181** Wp (nom.)

Almacenamiento **Conjunto FV** Respaldo Esquema Simplificado

### Procedimiento

Las sugerencias de pre-dimensionamiento se basan en el meteo mensual y la definición de necesidades del usuario

1. - Pre-dimensionamiento Defina las condiciones de pre-dimensionamiento deseadas (PLOL, autonomía, voltaje de la batería)
2. - Almacenamiento Defina la batería (las casillas de verificación predeterminadas se acercarán al pre-dimensionamiento)
3. - Diseño del conjunto FV Diseñe el conjunto FV (módulo FV) y el modo de control. Se recomienda comenzar con un controlador universal.
4. - Respaldo Defina un grupo electrógeno eventual

### Especifique el conjunto de batería

Ordenar baterías por  voltaje  capacidad  fabricante

Todos los fabricantes

Plomo-ácido

<input type="text" value="8"/>	<input checked="" type="checkbox"/> baterías en series	Número de baterías	<b>16</b>	Voltaje paquete de baterías	<b>48 V</b>
<input type="text" value="2"/>	<input type="checkbox"/> baterías en paralelo	Número de elementos	<b>48</b>	Capacidad global	<b>736 Ah</b>
<input type="text" value="100.0"/> %	<b>Estado inicial de desgaste (núm. de ciclos)</b>			Energía almacenada (80% DOD)	<b>28.3 kWh</b>
<input type="text" value="100.0"/> %	<b>Estado inicial de desgaste (estático)</b>			Peso total	<b>848 kg</b>
				Núm. de ciclos a 80% DOD	<b>1200</b>
				Energía total almacenada durante la vida útil de la batería	<b>39330 kWh</b>

### 5.3 Evaluación económica con el software PVSYST

El diálogo de costos en la evaluación económica define todos los cargos iniciales y los costos de funcionamiento del sistema para calcular la inversión total, el costo anual y el costo de la energía. Los costes se pueden definir globalmente, por piezas, por Wc instalado o por m<sup>2</sup>.

#### Costes de instalación

Esta sección determina los costos directos e indirectos de instalación del sistema.

Esto incluye costos de componentes (módulos, inversores, baterías, bombas, controladores, generador), gastos de estudios y análisis, tarifas administrativas (costo de conexión a la red, cargos bancarios, permisos, impuestos), seguros, costos de terrenos, crédito de sustitución y subsidios. La cantidad y el tipo de componentes fotovoltaicos involucrados (módulos fotovoltaicos, inversores, baterías, etc.) se actualizan automáticamente a partir de los parámetros de simulación.

**Resumen del sistema**

Proyecto: Proyecto La conquista  
 Conjunto FV, Pnom = 5.0 kWp Sistema independiente  
 Autoconsumo 1949 kWh/año  
 Exceso de energía 7135 kWh/año

**Resumen financiero**

Costes de instalación **5650.00** USD  
 Costo total anual **100.00** USD/año  
 Costo energético usado **0.143** USD/kWh  
 Período de recuperación **14.5** años

Inversión y cargos

Parámetros financieros

Tarifas

Resultados financieros

**Valores**

Global
  por Wp
  por m<sup>2</sup>

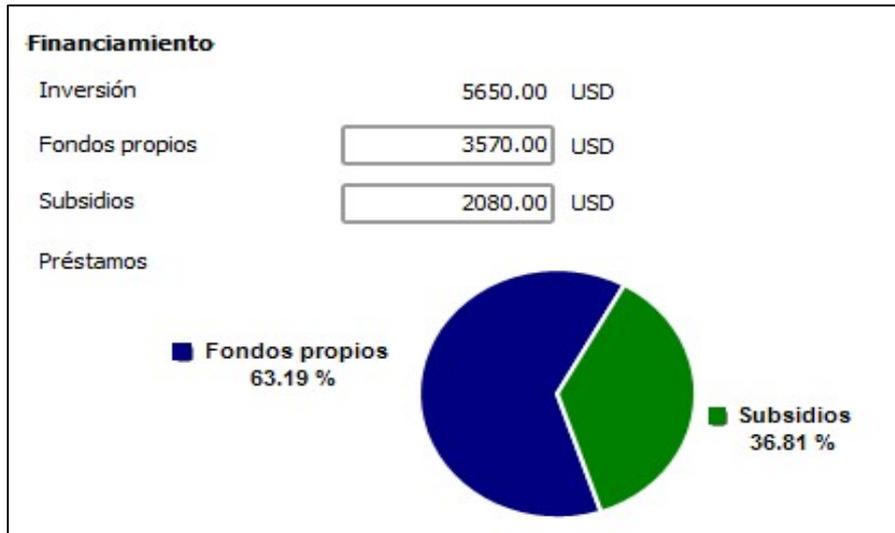
**Moneda**

USD - United States Dollar Tasas

**Costes de instalación**

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Total	
⊕ Módulos FV			2400.00	USD
Baterías	16.00	90.00	1440.00	USD
Controladores	1.00	140.00	140.00	USD
⊕ Otros componentes			190.00	USD
⊕ Estudios y análisis			100.00	USD
⊕ Instalación			1380.00	USD
⊕ Seguro			0.00	USD
⊕ Costos del terreno			0.00	USD
Cargos bancarios del préstamo	0.00	0.00	0.00	USD
Impuestos			0.00	USD
<b>Costo total de instalación</b>			<b>5650.00</b>	<b>USD</b>
Activo amortizable			4020.00	USD

Para que el proyecto sea rentable es necesario un subsidio o donación del 36.8% de la inversión total.



Consolidado de la evaluación financiera por el software PVSYST. El costo total es US 5,650 dólares.

Resumen del sistema		Resumen financiero	
Proyecto: Proyecto La conquista		Costes de instalación	5650.00 USD
Conjunto FV, Pnom = 5,0 kWp	Sistema independiente	Costo total anual	100.00 USD/año
Autoconsumo	1949 kWh/año	Costo energético usado	0.143 USD/kWh
Exceso de energía	7135 kWh/año	Periodo de recuperación	14.5 años

Costes de instalación (CAPEX)		Resultados económicos detallados (USD)								
Costo total de instalación	5650.00 USD	<input type="button" value="Resultados detallados"/> <input type="button" value="Flujo de caja anual"/> <input type="button" value="Flujo de caja acumulativo"/> <input type="button" value="Asignación de ingresos"/>								
Activo amortizable	4020.00 USD									
Financiamiento		Resultados económicos detallados (USD)								
Fondos propios	3570.00 USD	Venta de electricidad	Costos de func. de amortizació	Subsidio	Ingreso imponible	Impuestos	Beneficio después de im	Cumul lucro	% amorti.	
Subsidios	2080.00 USD	2023	390	100	0	290	43	246	-3324	6.9%
Préstamos	0.00 USD	2024	390	100	0	290	43	246	-3077	13.8%
<b>Total</b>	<b>5650.00 USD</b>	2025	390	100	0	290	43	246	-2831	20.7%
<b>Gastos</b>		2026	390	100	0	290	43	246	-2585	27.6%
Costos de operación(OPEX)	100.00 USD/año	2027	390	100	0	290	43	246	-2339	34.5%
Anualidades del préstamo	0.00 USD/año	2028	390	100	0	290	43	246	-2092	41.4%
<b>Total</b>	<b>100.00 USD/año</b>	2029	390	100	0	290	43	246	-1846	48.3%
LCOE	0.14 USD/kWh	2030	390	100	0	290	43	246	-1600	55.2%
<b>Retorno de la inversión</b>		2031	390	100	0	290	43	246	-1353	62.1%
Valor presente neto (VPN)	1355.73 USD	2032	390	100	0	290	43	246	-1107	69.0%
Periodo de recuperación	14.5 años	2033	390	100	0	290	43	246	-861	75.9%
Retorno de la inversión (ROI)	38.0 %	2034	390	100	0	290	43	246	-615	82.8%
		2035	390	100	0	290	43	246	-368	89.7%
		2036	390	100	0	290	43	246	-122	96.6%
		2037	390	100	0	290	43	246	124	103.5%
		2038	390	100	0	290	43	246	371	110.4%
		2039	390	100	0	290	43	246	617	117.3%
		2040	390	100	0	290	43	246	863	124.2%
		2041	390	100	0	290	43	246	1109	131.1%
		2042	390	100	0	290	43	246	1356	138.0%
		<b>Total</b>	<b>7795</b>	<b>2000</b>	<b>0</b>	<b>5795</b>	<b>869</b>	<b>4926</b>	<b>1356</b>	<b>138.0%</b>

## VI. Conclusiones

De los datos de irradiación solar según el PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM ([https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)) de 4,50 kWh/m<sup>2</sup>/día y según la NASA con un valor mínimo de 5.82 kWh/m<sup>2</sup>/día, valor que se utilizó para calcular el sistema fotovoltaico con el criterio del mes crítico.

Se logro Dimensionar y seleccionar los equipos para el sistema fotovoltaico utilizando el software PVSYST Los equipos seleccionados por el método del mes son los siguientes: 15 paneles fotovoltaicos de 315 Wp, 01 controladores MPPT DE 4800 W. Los resultados obtenidos al aplicar el software PVSYST tenemos lo siguiente: el generador fotovoltaico formado por 15 paneles fotovoltaicos, 5 ramas en paralelo de 3 paneles en serie; 01 controlador MPPT de 4.8 kW de 80 A; el banco de baterías estará conformado por 16 de 368 A.h de capacidad. La pérdida de carga anual es de 1,11%., en el ANEXO se muestra el plano en AUTOCAD.

Se logto diseñar el plano electrico fotovoltaico con el software AutoCAD para el centro vocacional de la conquista.

Se logro Proyectar la evaluación financiera del SFV utilizando el PVSYST como una opción energética alternativa.

El presupuesto para suministrar energía eléctrica al centro vocacional de la conquista es de: US5,650

## **VII. Recomendaciones**

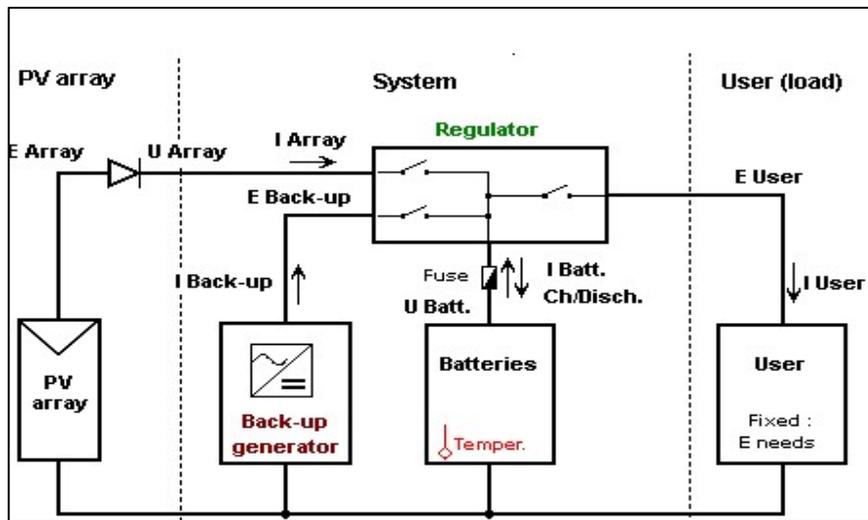
- Se recomienda llevar a cabo el proyecto con inyección a red, para aprovechar la energía no utilizada.

## VIII. Bibliografía

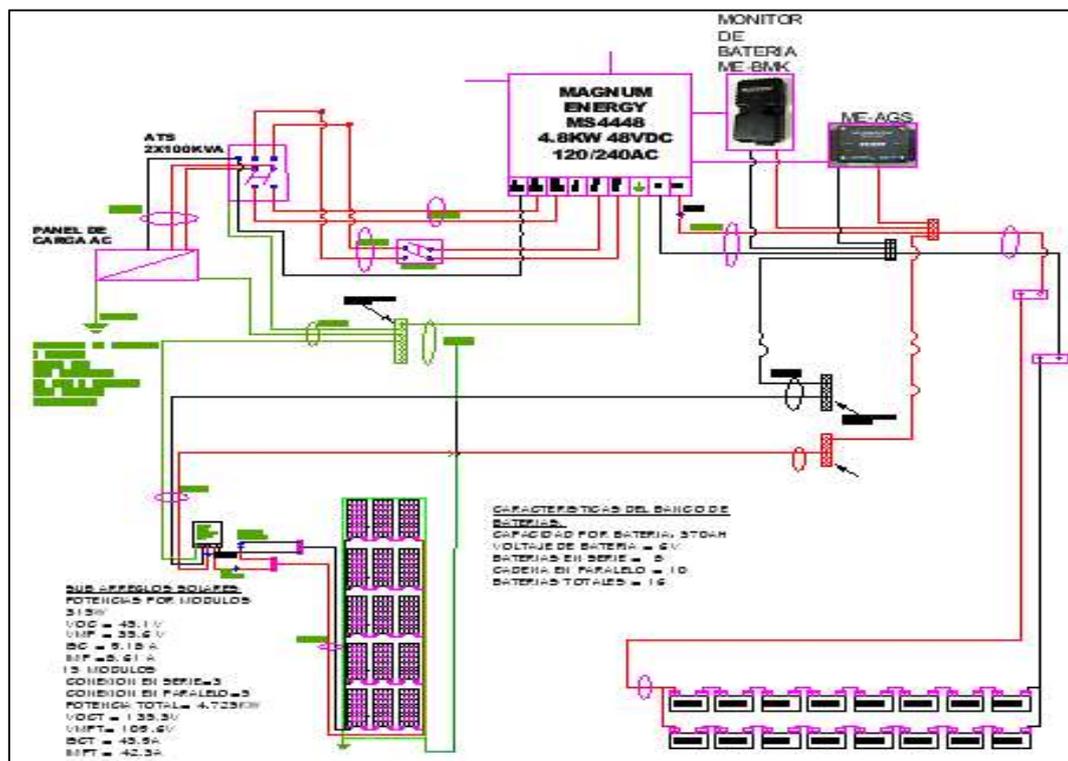
1. Acevedo Garces, F. (2016). Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios. Bogota.
2. Méndez M. J. María y Cuervo G. R. (2007). Energía Solar Fotovoltaica. 3ra Edición. ECA Instituto de Tecnología y Formación S.A.U. España
3. Héctor Gasquet. Manual teórico y práctico sobre los sistemas fotovoltaicos. SOLARTRONIC S.A de CV. Morelos México
4. Jutglar L. (2011) Energía solar “Energías Alternativas y Medio Ambiente” Editorial CEAC España
5. Sánchez M. A., (2010), Energía Solar Térmica, 1ra. Edición. Editorial Limusa. México.
6. MANUAL TEÓRICO PRÁCTICO SOBRE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, HECTOR L. GASQUET, octubre del 2004.
7. <https://www.pvsyst.com/>
8. Comisión Nacional de Riego (2018.) Manual de inspección y revisión de sistemas fotovoltaicos. Estudios SA. Santiago Chile.

## IX. Anexos

### A. Diseño típico de un sistema simplificado



### B. Diseño en AutoCAD de la propuesta de proyecto.



### C. Consolidado del sistema fotovoltaico

<b>Características del conjunto FV</b>			
<b>Módulo FV</b>		<b>Batería</b>	
Fabricante	Talesun Solar (suzhou)	Fabricante	NBA
Modelo	TD672P-315	Modelo	MAXXIMA Plus
	(Base de datos PVsyst original)	Tecnología	Plomo-ácido, ventilado, tubular
Unidad Nom. Potencia	315 Wp	Núm. de unidades	2 en paralelo x 8 en series
Número de módulos FV	16 unidades	Descarga mín. SOC	13.1 %
Nominal (STC)	5.04 kWp	Energía almacenada	31.6 kWh
Módulos	2 Cadenas x 8 En series	<b>Características del paquete de baterías</b>	
<b>En cond. de funcionam. (50°C)</b>		Voltaje	48 V
Pmpp	4534 Wp	Capacidad nominal	736 Ah (C10)
U mpp	263 V	Temperatura	Temperatura ambiente exterior
I mpp	17 A		
<b>Controlador</b>		<b>Control de gestión de la batería</b>	
Fabricante	Schneider Electric	Comandos de umbral como	Voltaje de batería
Modelo	Conext_MPPT_80_600 - 48V	Cargando	54.9 / 50.2 V
Tecnología	Convertidor MPPT	SOC corresp.	0.90 / 0.61
Coef. temp.	-5.0 mV/°C/Elem.	Descarga	45.5 / 48.9 V
<b>Convertidor</b>		SOC corresp.	0.10 / 0.31
Eficiencias máxi y EURO	96.0 / 94.1 %		
<b>Potencia FV total</b>			
Nominal (STC)	5 kWp		
Total	16 módulos		
Área del módulo	31.2 m <sup>2</sup>		
Área celular	28.3 m <sup>2</sup>		

## D. Principales resultados

