

Trabajo de Diploma

Para Optar por el Título de
Ingeniero Eléctrico

**Implementación de un sistema fotovoltaico con
conmutación a la red para parte de las cargas del
CEETAM en el ISMMM**

Autor: Frank Alejandro Cruz Mesa

Tutor: Ing. Carlos Ernesto Cruz Rodríguez

Moa, 2017
“Año 59 de la Revolución”

Declaración de autoridad

En decisión conjunta, el autor Frank Alejandro Cruz Mesa y el tutor Ing. Carlos Ernesto Cruz Rodríguez, certificamos nuestra propiedad intelectual sobre este Trabajo de Diploma con título: "Implementación de un sistema fotovoltaico con conmutación a la red para parte de las cargas del CEETAM en el ISMMM". Somos los únicos autores de este Trabajo de Diploma, y autorizamos al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, a hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Frank Alejandro Cruz Mesa

Ing. Carlos Ernesto Cruz Rodríguez

Agradecimientos

A Toda mi Familia por estar siempre a mi lado, en especial a mis padres Luis Andrés y Yolanda que lo han dado todo por mí.

A Yanetsis Chacón, mi amor, por nunca dejarme solo y apoyarme en todo.

A mi hijo Diego Armando, aunque no lo sabe, ya lo es todo para mí.

A todos mis amigos, los del aula, los del cuarto, los del pasillo, los del dota, los del fútbol, los del Duty, etc. y los que de una forma u otra han hecho posible que llegara hasta aquí.

A mi tutor Carlito que se desangró junto a mí en este proceso.

A todos los profesores del departamento de Eléctrica que han hecho posible que llegara hasta el final.

A todos los profesores del CEETAM que me ayudaron en este proceso.

A la Revolución Cubana por hacer posible que haya llegado al final.

Dedicatoria

Dedicatoria

A mis padres Yolanda y Luis Andrés que son los verdaderos responsables que pudiera ser universitario.

A mi hijo Diego Armando y a mi amor Yanetsis.

A mis abuelos que no están presente físicamente y a mis 2 abuelas que las quiero mucho.

Resumen

RESUMEN

La energía solar se presenta como una alternativa importante ante el aumento del consumo energético del planeta, debido a que la cantidad de la energía del sol, que llega a la superficie de la tierra en un día es diez veces más que la energía total consumida en nuestro planeta durante un año. En este trabajo se realiza el estudio de un Sistema Solar Fotovoltaico implementándolo para suministrar parte de la energía eléctrica al departamento del CEETAM en el ISMMM.

Se realiza un estudio de las cargas de consumo en los equipos del CEETAM, así como el dimensionado del Sistema Solar Fotovoltaico existente en dicho departamento.

Como resultado se demuestra que el equipamiento con que cuenta el departamento del CEETAM posee la capacidad de suministrar una cantidad de energía que garantice determinados servicios y así dejar de consumir electricidad proveniente de la combustión de combustibles fósiles.

Se concluye que el empleo del Sistema Solar Fotovoltaico con los recursos con que cuenta el CEETAM puede ser de marcada importancia por su eficiencia, importancia para la institución y su impacto al medioambiente.

ABSTRACT

Solar power is presented as an important alternative to the increase in energy consumption of the planet, because the amount of the power of the sun that reaches the surface of the earth in one day is ten times more than the total energy consumed in Our Planet during one year. In this work the study of a photovoltaic Solar system implemented to supply the part of the electrical power of the state of CEETAM in the ISMMM is realized. A study of the consumption loads in the CEETAM equipment, as well as the size of the photovoltaic Solar system existent in that state.

As a result, it is demonstrated that the equipment with the state of CEETAM has the capacity to supply an amount of energy that guarantees the services of the services and thus to stop consuming electricity from the combustion of fossil fuels.

It concludes that the use of the solar photovoltaic system with the resources available to CEETAM can be of great importance because of its efficiency, importance for the institution and its impact on the environment.

Tabla de contenido

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTO TEORICO SOBRE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. .	10
1.1 Introducción.	10
1.2 Antecedentes históricos.....	10
1.3 Energía solar y su importancia.	11
1.3.1 Ventajas de la energía solar.	13
1.3.2 Desventajas de la energía solar.....	13
1.4 Radiación solar.....	14
1.5 La célula solar: características básicas	14
1.6 Parámetros fundamentales de la célula solar.....	15
1.6.1 El panel solar fotovoltaico	16
1.7 El regulador	18
1.8 Acumuladores. Tipos de baterías	19
1.8.1 Tipos de baterías	21
1.9 El inversor.....	22
1.10 Usos y desarrollos actuales de la energía solar fotovoltaica	23
1.10.1 Sistemas de protección Catódicos.....	24
1.10.2 Cercas Eléctricas	25
1.10.3 Sistemas de Iluminación	25
1.11 Usos frecuentes de la energía fotovoltaica en Cuba	25
CAPÍTULO 2. DIMENSIONADO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	29
2.1 Introducción.....	29
2.2 Equipos que serán alimentados por el sistema fotovoltaico	29
2.3 Dimensionado del generador Solar Fotovoltaico	30
2.3.1 Selección	31
2.4 Pérdidas en el generador	32
2.4.1 Pérdidas por sombras.....	32
2.4.2 Pérdidas totales de captación admisibles.....	33
2.4.3 Pérdidas por suciedad	33

2.4.4 Pérdidas por incremento de temperatura.....	33
2.4.5 Pérdidas por tolerancia en los valores de potencia nominal.	34
2.4.6 Pérdidas por otros efectos.....	34
2.4.7 Pérdidas por envejecimiento.....	34
2.4.8 Pérdidas totales en el generador.	34
2.5 Dimensionado del acumulador	35
2.6 Densidad de la corriente demandada de la carga	35
2.7 Dimensionado del Regulador	36
2.8 Dimensionado del Inversor	36
2.9 Dimensionado del cableado	37
2.10 Orientación e inclinación del Panel Solar	38
2.11 Puesta en marcha y mantenimiento de la instalación.....	39
CAPÍTULO 3. PROPUESTA DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO E IMPACTO	
MEDIOAMBIENTAL.....	42
3.1 Panel Solar (Sunmodule SW 150 poly R6A)	42
3.2 El regulador SOLÉNER RSD.....	42
3.3 Inversor MultiPlus Compact 12-1200-60 monofásico de 1,2 kW	43
3.4 Batería AGM POWER 12V 260 Ah. C100:	45
3.5 Esquema de la instalación.....	46
3.6 Análisis ambiental.....	46
3.7 Impacto medioambiental indirecto.	46
3.8 Ventajas al medio ambiente	47
3.9 Consideraciones generales para la puesta en marcha de la instalación:	49
3.10 Otros beneficios de utilizar energía solar fotovoltaica:.....	49
CONCLUSIONES GENERALES.....	53
RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

Introducción

INTRODUCCIÓN

Durante siglos, tanto el hombre como los demás seres vivos han aprovechado la energía solar como fuente de vida y como una opción energética. En los últimos años este concepto ha tenido un gran auge, debido al afán que se tiene de buscar fuentes de energía que no contaminen, que tenga las mismas ventajas de las actuales, pero que no destruya el medio ambiente. En conclusión, energía limpia, con cero producciones de desechos, alta eficiencia, bajos costos de producción y sin ningún riesgo.

El sector fotovoltaico se encuentra en estos momentos a la vanguardia de las energías renovables. Durante los últimos años existe una conciencia mayor del aprovechamiento de los recursos naturales como fuente de energía. Se ha incrementado el deseo de utilizar energías renovables para preservar el medio ambiente (Ihosvany, 2005).

La energía solar se presenta como una alternativa importante ante el aumento del consumo energético del planeta, debido a que la cantidad de la energía del sol, que llega a la superficie de la tierra en un día es diez veces más que la energía total consumida en nuestro planeta durante un año (Ayala, 1995). A través del efecto fotovoltaico la energía contenida en la luz del sol puede ser convertida directamente en energía eléctrica.

Hay muchas aplicaciones para sistemas de energía solar, pero también hay muchas limitaciones a estas aplicaciones. El costo-beneficio es demasiado bajo para los sistemas de energía solar que se utilizan ampliamente para alimentar hogares, empresas, o incluso los productos individuales. Los sistemas de energía solar se utilizan como fuente principal de alimentación para una gran mayoría de los satélites que orbitan la tierra. Sin embargo, el beneficio de utilizar la energía solar en el espacio es mucho mayor que el costo de implementación correspondiente. Hay amplias gamas de productos disponibles para el consumidor que funcionan con energía solar, pero pueden ser costosos o poco prácticos debido a sus limitaciones. Los sistemas de energía solar no son competitivos en el mercado porque los consumidores están familiarizados con productos prácticos, más convenientes que tienen fuentes de energía más comunes. Algunos productos de consumo son las radios, linternas, casas rodantes, sistemas de carga lenta, la iluminación solar al aire libre, los sistemas portátiles de carga, e incluso los sistemas caseros que pueden estar vinculados a la red eléctrica existente (J. Richard, 2004).

El futuro energético del país es un tema de debate continuo dada la importancia que tiene para el desarrollo futuro de las nuevas generaciones. Últimamente, este debate viene muy centrado en torno al cambio climático y la repercusión que el mundo energético tiene en que se esté o no acentuando. A respecto a este debe tenerse muy presente que las inversiones en generación eléctrica son de elevada cuantía y con plazos de recuperación de las mismas muy largos, por lo que las decisiones que se tomen hoy y en los próximos años van a condicionar en gran medida las características del parque generador disponible en el futuro.

La demanda de electricidad en los últimos años en nuestro país presenta un crecimiento vertiginoso. Dentro de aproximadamente cincuenta años se necesitará el doble de electricidad de la que se produce actualmente. Todas las fuentes disponibles serán necesarias, junto con la concientización del ahorro de energía dentro de un desarrollo energético más sostenible.

En muchas empresas se han tomado las energías renovables como una alternativa para energizar algunas áreas, contribuyendo en gran medida al ahorro de energía eléctrica, y por consiguiente tiene una repercusión en la economía de estas empresas y del país.

En este contexto, las universidades cubanas también trabajan en aras de difundir y superar a especialistas del campo de las energías fotovoltaicas. Una muestra de ello es este trabajo realizado en el Centro de Estudio de Energía y Tecnología Avanzada de Moa (CEETAM), perteneciente al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM), donde se han adquirido un sistema fotovoltaico de silicio multicristalino. Estas tecnologías se han adquirido mediante proyectos destinados a fomentar el uso de este tipo de fuente renovable.

Problema de investigación:

Insuficiente estudio sobre la implementación de un Sistema Solar Fotovoltaico en el CEETAM con el equipamiento con que se cuenta en este.

Hipótesis del trabajo:

Si se demuestra que el equipamiento con que se cuenta en el CEETAM se puede utilizar para suministrar parte de la energía de este departamento se podrá mantener un suministro ininterrumpido.

Objeto de estudio:

Suministro de energía del CEETAM.

Campo de acción:

Sistema fotovoltaico para la alimentación de cargas del CEETAM.

Objetivo general:

Montar un sistema fotovoltaico con el equipamiento con que cuenta el CEETAM para suplir parte de la energía eléctrica consumida por este.

Objetivos específicos:

1. Determinar el estado del arte vinculado con los sistemas fotovoltaico que sirvan de base y fundamento teórico de la investigación.
2. Realizar el dimensionado del sistema fotovoltaico.
3. Realizar la propuesta del sistema fotovoltaico.

Tareas de investigación a partir del diseño metodológico planteado:

- Realizar un análisis del estado del arte referente al tema.
- Escoger las cargas a alimentar.
- Determinación de los parámetros y dimensiones del sistema fotovoltaico.
- Proponer el sistema fotovoltaico a implementar.

Capítulo 1

Marco teórico conceptual

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTO TEORICO SOBRE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

1.1 Introducción.

En este capítulo se plantean los aspectos teóricos y conceptuales relacionados con los Sistemas Fotovoltaicos Aislados; las características de este tipo de tecnología, ventajas, y funciones de los mismos, así como su desarrollo en distintas áreas económicas de nuestro país.

1.2 Antecedentes históricos.

La protección del medio ambiente es compromiso de todos: gobiernos, personas e industrias. Hoy día se puede observar un gran crecimiento, tanto en la producción de paneles solares cada vez más económicos como en la implementación de grandes plantas solares conectadas a la red eléctrica.

El efecto fotoeléctrico fue descubierto por el físico francés Alexander-Edmond Becquerel en (1839), cuyos estudios sobre el espectro solar, magnetismo, electricidad y óptica son el pilar científico de la energía fotovoltaica. El inventor norteamericano Charles Fritts (1883), construyó la primera celda solar con base en un semiconductor de Selenio (Se) con una capa delgada de Oro (Au) obteniendo una eficiencia del 1%. En (1954), en los laboratorios Bell se experimentaba con semiconductores y accidentalmente se encontró que el silicio (Si) con algunas impurezas era muy sensitivo a la luz. Los resultados obtenidos contribuyeron a la producción comercial de paneles solares, lográndose una eficiencia del 6%.(Fuentevilla, 2012)

En (1957), la ex-URSS lanzó su primer satélite espacial y un año después, en (1958), los Estados Unidos hicieron lo mismo. La primera nave espacial que usó paneles solares fue el satélite norteamericano Explorer I, lanzado en (1958). Este evento generó un gran interés en la producción y lanzamiento de satélites geoestacionarios (GEO) para el desarrollo de las telecomunicaciones, en los que la energía provendría de un dispositivo de captación de la luz solar. La llegada de la celda de Silicio dio inicio al desarrollo de nuevas tecnologías, principalmente orientadas a la búsqueda de paneles solares más eficientes (Fuentevilla, 2012).

Debido al tema de protección al medio ambiente y al rápido incremento del precio del petróleo, es un objetivo que se realicen esfuerzos universales e intentos de buscar fuentes alternativas de energía. Entre ellas la energía solar es una fuente abundante de suministro y además libre de contaminación, por lo que la investigación sobre energía solar ha llamado

mucho la atención. Las universidades del mundo han desarrollado dispositivos que utilizan energía solar a través de paneles solares, como pueden ser cargadores de baterías, vehículos que utilicen motores eléctricos para hacer crecer la demanda de estos paneles fotovoltaicos e incrementar la demanda.

Entre los trabajos encontrados referentes al uso de paneles solares para la alimentación de distintos consumidores se encuentra el realizado por Odelvis Azahares Cuba en año 2012 el cual propone la utilización de paneles solares para alimentar el Departamento de Informática de la empresa mecánica del níquel con el objetivo de obtener un ahorro energético, pero sin llegar a tener en cuenta las posibles variantes a aplicar para buscar un balance entre ahorro y economía.

El trabajo presentado en la Universidad Politécnica de Catalunya en 2010 expone de forma bastante amplia la aplicación de la energía solar fotovoltaica para alimentar un edificio en Barcelona a través de los módulos solares logrando una armonía casi perfecta con el medio en el que se propone implementar ya que se adhieren al edificio para hacerlo más eficiente. El trabajo realizado en la universidad de ecuador en 2005 por Marco Properi el cual propone alimentar un edificio multifamiliar con paneles fotovoltaicos destacando solo la parte teórica de la tecnología solar, pero dejando de realizar un análisis profundo de las características de la carga.

El trabajo presentado en la universidad de el Salvador por Roberto Carlos García en 2012 propone la construcción de dos sistemas solares fotovoltaicos para alimentar sistemas de telecomunicaciones, aunque logró la eficiencia del sistema propuesto, no alcanzó a realizar todos los cálculos necesarios para obtener un sistema fiable ya que dejó lagunas en el dimensionado del GSF.

El trabajo presentado por Jorge Luis Espinosa Sollet 2012 propone utilizar paneles solares para energizar el departamento de informática de la Empresa mecánica del níquel con el objetivo de disminuir el consumo energético en el área de informática, pero deja a un lado la eficiencia y se centra en el ahorro económico sin llegar a proponer variantes que contengan un sistema económico, eficiente y un balance entre eficiencia y ahorro económico.

1.3 Energía solar y su importancia.

El Sol es y ha sido desde siempre la principal fuente de energía en la Tierra. Como fuente de energía se caracteriza por no ser contaminante, al contrario, es en extremo limpia siendo además de acceso libre e ilimitado(BUN-CA, 2002). Por lo que, ante la búsqueda de nuevas

fuentes de energía, la energía solar se convierte en una alternativa viable de cara a los problemas actuales de contaminación ambiental generalizada. En la Figura 1.1 se muestra la energía emitida por el sol sobre la tierra.

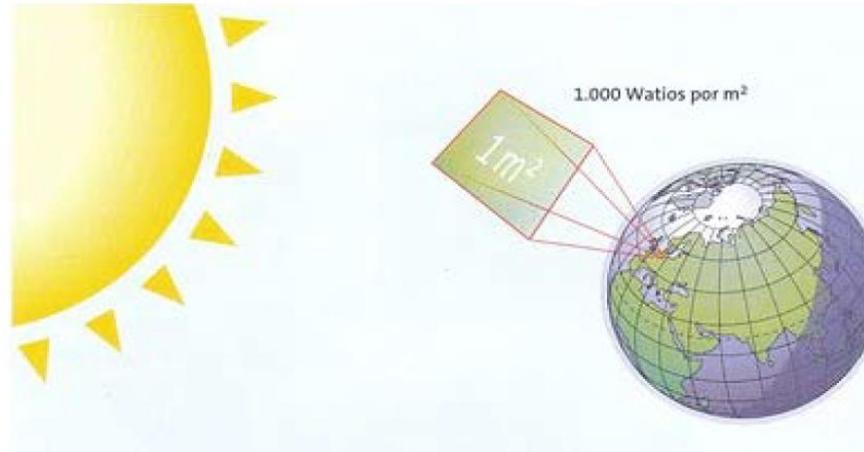


Figura 1.1. Energía que emite el sol sobre la tierra.

Esta estrella está en el origen de casi todas las energías renovables. El calentamiento de la tierra y del agua provoca las diferencias de presión que dan origen al viento, fuente de la energía eólica. La energía hidráulica también debe su existencia al Sol ya que este es el que provoca el ciclo del agua. En el proceso de fotosíntesis el Sol es un actor imprescindible; por lo tanto, es necesario para la energía que utiliza la biomasa.

Además, se puede generar energía directamente mediante la captación de la luz y el calor emitidos por los rayos del Sol. La energía solar es un tipo de energía de las conocidas como energía verde; aunque, al final de su vida útil, los paneles fotovoltaicos pueden suponer un residuo contaminante difícilmente reciclable a día de hoy. (Lanzuela, 2010).

Dentro de la generación de energía a partir de la radiación solar, hay varios subtipos. Las distintas tecnologías solares existentes:

- Energía solar térmica: Utilizada para producir agua caliente para uso sanitario y calefacción.
- Energía solar fotovoltaica: Utilizada para la producción de electricidad mediante paneles fotovoltaicos que generan energía eléctrica a partir de la radiación solar.
- Energía solar termoeléctrica: Producción de electricidad mediante un ciclo termodinámico convencional a partir de un fluido calentado por la radiación solar a alta temperatura (aceite térmico)

- Energía solar híbrida: Combina la energía solar con otra energía. Según la energía con la que se combine es una hibridación renovable o fósil.
- Energía eólico-solar: Funciona con el aire calentado por el Sol, que sube por una chimenea donde están los generadores.

La energía solar se puede definir como la energía obtenida mediante la captación de luz y calor emitidos por el sol, los cuales son producidos por radiaciones nucleares en el interior del mismo y transmitidos en forma de ondas electromagnéticas a través del espacio (Duque, 2012).

Los países menos desarrollados como el nuestro, son los que tienen urgencia inmediata de aplicar la energía solar, al no poseer los recursos naturales que suministran los combustibles fósiles, los cuales se ven obligados a importar, creando de esa manera una fuga de divisas, muy necesarias para su desarrollo.

1.3.1 Ventajas de la energía solar.

La energía solar es una de las alternativas energéticas más importantes en la actualidad, esta ofrece una serie de ventajas tales como:

- Utiliza recursos naturales inagotables: la luz del sol.
- Es una energía limpia que no genera emisiones de gases contaminantes ni otro tipo de residuos.
- Es una solución ideal para disponer de electricidad en zonas aisladas.
- Es la única energía renovable que puede instalarse a gran escala dentro de las zonas urbanas.
- En el caso de instalaciones conectadas a la red, hay subvenciones públicas y primas a la producción.
- Los paneles y la estructura de soporte pueden desmontarse al final de la vida útil, pudiendo reutilizarse.

1.3.2 Desventajas de la energía solar.

Entre los inconvenientes no comparables con los de las fuentes de energías convencionales y más bien propias de las instalaciones y parques solares, se encuentran:

- El impacto visual de los parques solares, que suelen ocupar grandes superficies de captación.

- Sólo se produce energía mientras hay luz y depende del grado de insolación.
- El costo de las instalaciones es elevado, sobre todo si se compara con otro tipo de instalaciones que generen la misma potencia.
- El periodo de amortización de la inversión es largo, de unos diez años.
- El rendimiento es bastante bajo, debido a la baja eficiencia de las células solares, en muchos casos inferior al 40%.

1.4 Radiación solar.

La radiación es la transferencia de energía por ondas electromagnéticas, que viajan a través del vacío y se producen directamente desde la fuente hacia afuera en todas las direcciones. Entonces la radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol, que no tienen la misma intensidad, si no que tienen una distribución espectral y se distribuyen desde el infrarrojo hasta el ultravioleta (Duque, 2012). En el anexo 1 se muestran los diferentes tipos de radiación solar. De estas la radiación directa es la utilizada por los paneles solares.

1.5 La célula solar: características básicas

El elemento principal de cualquier instalación de energía solar es el generador, que recibe el nombre de célula solar. Se caracteriza por convertir directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol. Su funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico.

Una célula solar se comporta como un diodo: la parte expuesta a la radiación solar es la N, y la parte situada en la zona de oscuridad, la P. Los terminales de conexión de la célula se hallan sobre cada una de estas partes del diodo: la cara correspondiente a la zona P se encuentra metalizada por completo (no tiene que recibir luz), mientras que en la zona N el metalizado tiene forma de peine, a fin de que la radiación solar llegue al semiconductor

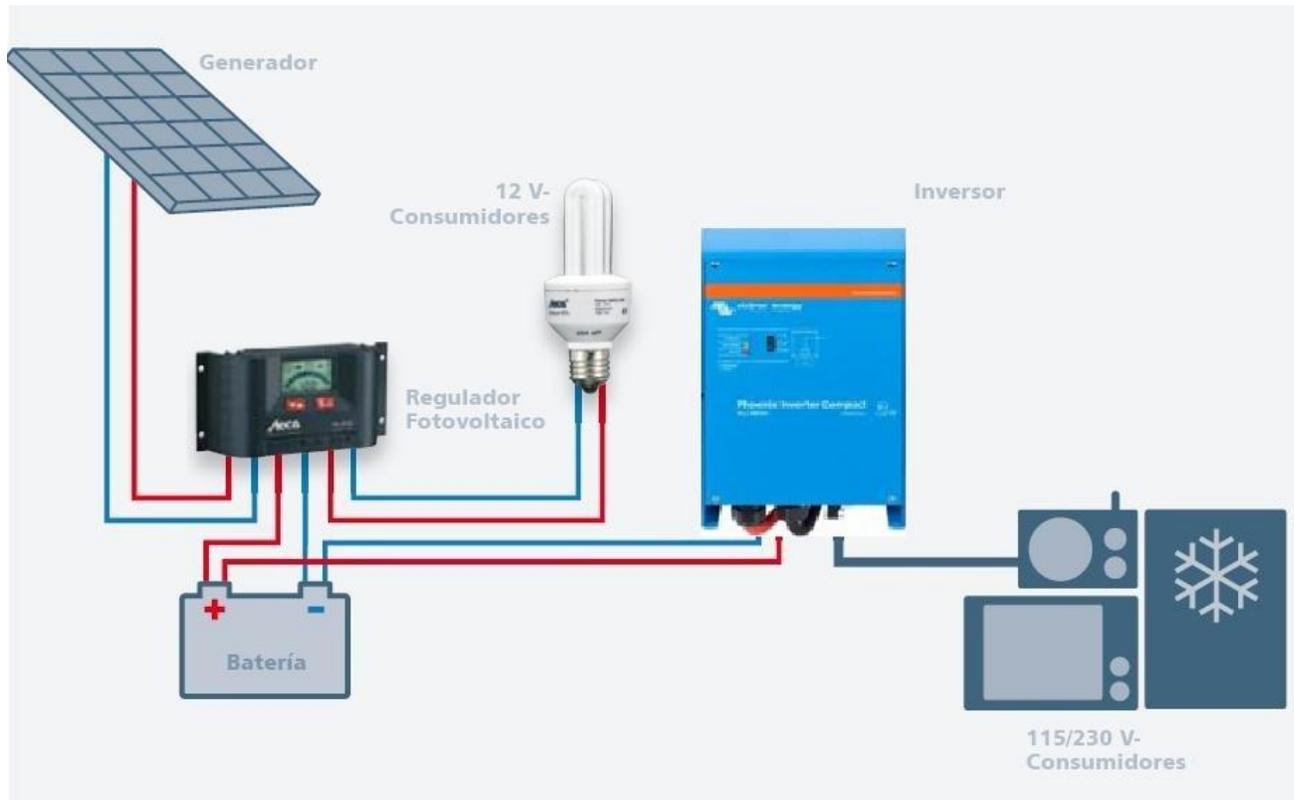


Figura 1.2 Componentes del Sistema Fotovoltaico. Fuente: (Anónimo, 2010a)

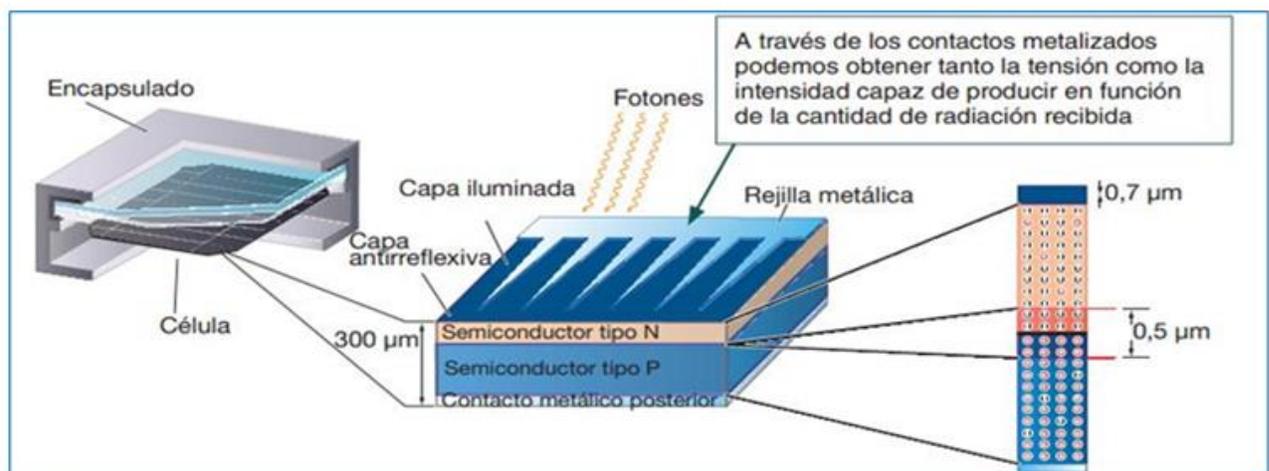


Figura 1.3 Estructura de la célula solar. Fuente: (anónimo 2010)

1.6 Parámetros fundamentales de la célula solar

- **Corriente de iluminación (IL):** la corriente generada cuando incide la radiación solar sobre la célula.

- Corriente de oscuridad: es debida a la recombinación de los pares electrón hueco que se produce en el interior del semiconductor.
- Tensión de circuito abierto (VOC): la máxima tensión que se obtiene en los extremos de la célula solar, que se da cuando no está conectada a ninguna carga. Es una característica del material con el que está construida la célula.
- Corriente de cortocircuito (ISC): máximo valor de corriente que puede circular por la célula solar. Se da cuando sus terminales están cortocircuitados.

Cuando la célula solar es conectada a una carga, los valores de tensión e intensidad varían. Existirán dos de ellos para los cuales la potencia entregada sea máxima: V_m (tensión máxima) e I_m (intensidad máxima), que siempre serán menores que V_{oc} e I_{sc} .

1.6.1 El panel solar fotovoltaico

Un panel solar o módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6 V, 12 V, 24 V..), que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico.

En la Fig1.4 se destacan las principales características de todo panel solar y puede verse un esquema típico de su construcción.

Los tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las células, y son fundamentalmente:

- Silicio cristalino (monocristalino y multicristalino).
- Silicio amorfo.

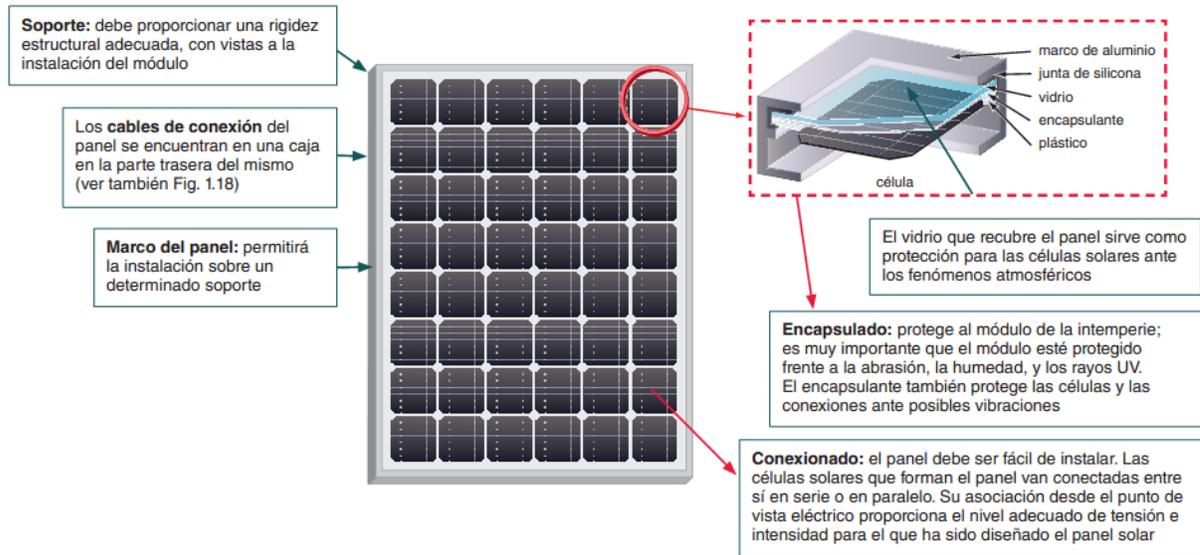
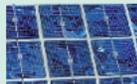


Figura 1.4 Constitución de un panel solar. Se destacan sus principales Características: Fuente (Anónimo, 2010 b).

Tabla 1.1 Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación.

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocrystalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocrystalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Potencia que proporciona una célula de tamaño estándar (Suponiendo que es de 10 X 10 cm) es muy pequeña (en torno a 1 o 2 W), por lo que generalmente será necesario tener que asociar varias de ellas con el fin de proporcionar la potencia necesaria al sistema fotovoltaico de la instalación. Es de este hecho de donde surge el concepto de panel solar o módulo fotovoltaico, cuyos elementos y características se acaba de ver.)

Según la conexión eléctrica que se haga de las células, se pueden encontrar diferentes posibilidades:

La conexión en serie de las células: permitirá aumentar la tensión final en los extremos de la célula equivalente.

La conexión en paralelo: permitirá aumentar la intensidad total del conjunto.

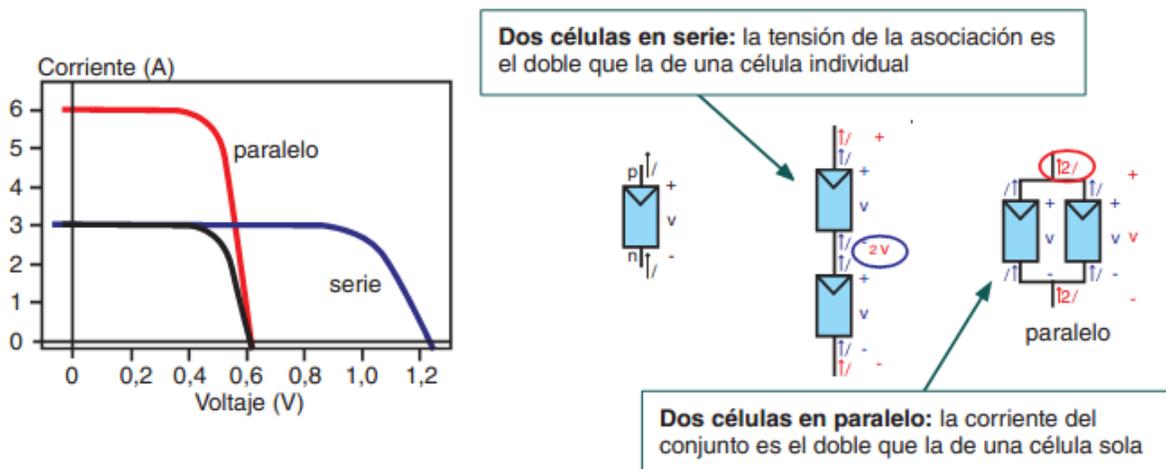


Figura 1.5 Asociación de células solares. Si se necesita aumentar la tensión, se une en serie; si lo que se desea es aumentar la corriente, la asociación es en paralelo.

1.7 El regulador

Para un correcto funcionamiento de la instalación, hay que instalar un sistema de regulación de carga en la unión entre los paneles solares y las baterías. Este elemento recibe el nombre de regulador y tiene como misión evitar situaciones de carga y sobre descarga de la batería, con el fin de alargar su vida útil.

El regulador trabaja por tanto en las dos zonas. En la parte relacionada con la carga, su misión es la de garantizar una carga suficiente al acumulador y evitar las situaciones de sobrecarga, y en la parte de descarga se ocupará de asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar la descarga excesiva de la batería. Dado que los módulos solares tienen una tensión nominal mayor que la de la batería, si no existiera regulador se podrían producir sobrecargas.

El motivo de que esta tensión nominal de los paneles sea así se debe fundamentalmente a dos razones:

- Atenuar posibles disminuciones de tensión por el aumento de la temperatura.
- Asegurar la carga correcta de la batería. Para ello la tensión VOC del panel deberá ser mayor que la tensión nominal de la batería.

El dimensionado de la instalación solar se realiza de manera que se asegure el suministro de energía en las peores condiciones de luminosidad del sol. Por ello se toman como referencia los valores de irradiación en invierno. Esto puede provocar que en verano la energía aportada por los módulos solares sea en ocasiones casi el doble de los cálculos

estimados, por lo que, si no se conecta el regulador entre los paneles y las baterías, el exceso de corriente podría llegar incluso a hacer hervir el electrolito de los acumuladores, con el riesgo que ello conlleva. Los fabricantes nos proporcionarán los valores de trabajo del regulador sobre una hoja de características. En estas hojas aparecerán:

- Características físicas del regulador, peso, dimensiones, material empleado en su construcción, etc.
- Características eléctricas.
- Normas de seguridad que cumple. También hay que considerar otro tipo de aspectos, como pueden ser medidas de seguridad, etc. El regulador debe proteger tanto la instalación como a las personas que lo manejen, por lo que deberá llevar sistemas que proporcionen las medidas de seguridad adecuadas para cada uno de los casos. Los fabricantes nos proporcionan también este tipo de información.

En los catálogos se nos indica el tipo de regulación que lleva (si es serie o paralelo), el tipo de batería que se puede conectar a la salida del equipo, así como todas las alarmas que proporciona ante un mal funcionamiento, y las protecciones que lleva.

Como en todos los equipos, se hace mención de la temperatura a la que va a trabajar el aparato y la posible influencia que pueda tener esta sobre el correcto funcionamiento del mismo (no es igual realizar una instalación en una zona de frío extremo que en una zona cálida).

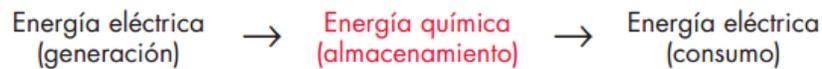
1.8 Acumuladores. Tipos de baterías

La llegada de la energía solar a los módulos fotovoltaicos no se produce de manera uniforme, sino que presenta variaciones por diferentes motivos. Algunas de estas variaciones son predecibles, como la duración de la noche o las estaciones del año, pero existen otras muchas causas que pueden producir alteraciones de manera aleatoria en la energía recibida, como puede ocurrir con un aumento de la nubosidad en un determinado instante.

Este hecho hace necesario utilizar algún sistema de almacenamiento de energía para aquellos momentos en que la radiación recibida sobre el generador fotovoltaico no sea capaz de hacer que la instalación funcione en los valores diseñados. Para ello se utilizarán las baterías o acumuladores.

Las baterías son dispositivos capaces de transformar la energía química en eléctrica.

El funcionamiento en una instalación fotovoltaica será el siguiente:



Las baterías son recargadas desde la electricidad producida por los paneles solares, a través de un regulador de carga, y pueden entregar su energía a la salida de la instalación, donde será consumida.

Tres son las misiones que tienen las baterías en las instalaciones fotovoltaicas:

- Almacenar energía durante un determinado número de días.
- Proporcionar una potencia instantánea elevada.
- 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 lograrse 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 (Heredia, 2001).

Además de la capacidad, se deben considerar otros parámetros en los acumuladores que se van 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.
- Auto descarga: 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 le somete a descargas profundas (por ejemplo, del 80 %).

Además de los parámetros eléctricos, las características que serían deseables para las baterías a utilizar en las instalaciones solares son(Austin, 2010):

- Buena resistencia al ciclado (proceso de carga descarga).
- Bajo mantenimiento.
- Buen funcionamiento con corrientes pequeñas.
- Amplia reserva de electrolito.
- Depósito para materiales desprendidos.
- Vasos transparentes.

Existen diferentes tecnologías en la fabricación de baterías, si bien unas son más adecuadas que otras para utilizarlas en las instalaciones solares.

1.8.1 Tipos de baterías

Las baterías se clasifican en función de la tecnología de fabricación y de los electrolitos utilizados. En la Tabla 2 se pueden comparar los principales tipos de baterías que hay en el mercado, a través de sus características básicas.

Tabla 1.2 Características de los principales tipos de baterías

Tipo de baterías	Tensión por vaso (V)	Tiempo de recarga	Auto descarga por mes	No. De ciclos	Capacidad por tamaño	Precio
Plomo-acido	2	8-16 horas	<5%	Medio	30-50 Wh/Kg	Bajo
Ni-Cd(Níquel-cadmio)	1.2	1 hora	20%	Elevado	50-80 Wh/Kg	Medio
Ni-Mh (Níquel-metal hydride)	1.2	2-4 horas	20%	Medio	60-120 Wh/Kg	Medio
Li ion (Lión-litio)	3.6	2-4 horas	6%	Medio-bajo	110-160 Wh/Kg	Alto

Las baterías más utilizadas en las instalaciones solares son las de plomo ácido, por las características que presentan. Dentro de este tipo de baterías se pueden encontrar diferentes modelos. Ahora se comparan y analizan para seleccionar cual es el más adecuado.

En aquellas instalaciones en las que se tienen descargas profundas, se recomienda el uso de baterías tubulares estacionarias, así como en las instalaciones en las que se necesitan una capacidad elevada. Es el caso que se da en las instalaciones autónomas.

Si la instalación solar es de pequeña dimensión, o de muy difícil mantenimiento, se deberán elegir baterías de gel, vigilando que no se produzcan ciclos de descargas profundos. Un ejemplo puede ser una instalación solar que alimenta un pequeño repetidor en lo alto de una elevación. A la hora de elegir los acumuladores, es importante tener en cuenta el efecto de la temperatura sobre los mismos. La capacidad aumenta a medida que sube la temperatura, y al revés, disminuye cuando baja la temperatura del lugar donde se encuentra ubicado. Si se prevé la posibilidad de que existan temperaturas por debajo de 0 °C en el lugar de la instalación, se deberá elegir un acumulador de capacidad mayor que la calculada en el dimensionado de la instalación, con el fin de que no haya problemas en su funcionamiento.

La construcción del acumulador se realiza conectando vasos individuales hasta obtener las condiciones de tensión y capacidad requeridas en la instalación que se pretenda, en el caso de la utilización de baterías tubulares estacionarias. En las baterías monoblock, se deberá elegir aquella que sea acorde con la tensión de trabajo de la instalación y la potencia que se va a consumir en la misma.

1.9 El inversor

El inversor se encarga de convertir la corriente continua de la instalación en corriente alterna, igual a la utilizada en la red eléctrica.

Es un elemento imprescindible en las instalaciones conectadas a red, y estará presente en la mayoría de instalaciones autónomas, sobre todo en aquellas destinadas a la electrificación de viviendas o partes de edificaciones.

Las características deseables para un inversor DC-AC se pueden resumir de la siguiente manera:

- Alta eficiencia: debe funcionar bien para un amplio rango de potencias.
- Bajo consumo en vacío: es decir, cuando no hay cargas conectadas.
- Alta fiabilidad: resistencia a los picos de arranque.
- Protección contra cortocircuitos.

- Seguridad.
- Buena regulación de la tensión y frecuencia de salida, que como ya se ha comentado debe ser compatible con la red eléctrica.

La misión del inversor en las instalaciones autónomas es proporcionar una corriente alterna como la de la red eléctrica, con el fin de que se puedan conectar a los mismos electrodomésticos de los utilizados habitualmente en las viviendas. En este caso, las variaciones que pueda sufrir la corriente no tienen la importancia que en el caso de los inversores de las instalaciones conectadas a la red.

En el caso de las instalaciones conectadas a red, el inversor debe proporcionar una corriente alterna que sea de las mismas características de la red eléctrica a la que está conectado, tanto en forma (sinoidal) como en valor eficaz (230 V) y sobre todo en la frecuencia (50 Hz) o 110 V y a una frecuencia de 60 Hz; no se permiten prácticamente variaciones, con el fin de evitar perturbaciones sobre la red eléctrica de distribución.

1.10 Usos y desarrollos actuales de la energía solar fotovoltaica

Durante gran parte de los años ochenta y de principios de los años noventa el mayor mercado para los paneles solares estaba en las fuentes de alimentación para áreas remotas y algunos productos de consumo (relojes, juguetes y calculadoras). Sin embargo, a mediados de los años noventa fue lanzado un importante esfuerzo para desarrollar paneles solares integrados en la construcción de edificios para ser conectados a la red. El tejado fotovoltaico actualmente está liderando el desarrollo del mercado en Japón, Europa y los EE.UU. Japón tiene programas que apuntan a construir numerosos hogares solares, con el cual para el año 2010 terminó con alrededor de unos 4.820 MW producidos por sistemas fotovoltaicos. En Europa, varios países están apoyando la construcción de hogares solares, con el Parlamento Europeo propuso para el 2010 un esquema de 1.000 MW. En los EE.UU., fueron enunciados desarrollo de programas de techos solares, que apuntó instalar paneles solares en un millón de azoteas en América antes de 2010.

En Australia y los E.E.U.U., la aparición de los esquemas de energía verde, que permiten que los clientes elijan opciones de energía renovable, ha agregado considerable impulso al crecimiento de la industria. Las granjas solares conectadas a la red se han construido en Australia, Japón, los E.E.U.U. y Grecia.

La industria fotovoltaica está experimentando un rápido crecimiento. Al final de 2008 la potencia fotovoltaica acumulada globalmente fue de 15,2 GW y una parte importante está conectada a la red. En Flandes, Bélgica, región con relativamente bajos niveles de irradiación solar, la cifra de sistemas fotovoltaicos conectados a la red se duplicó de septiembre de 2008 a junio de 2009. Un Generador Solar Fotovoltaico de 3,4 kWp (Kilowatt-pico) conectado a la red, se amortiza en ocho años y produce energía limpia y gratis durante otros 17 años como mínimo.

Según un reporte emitido por la firma consultora Solarbuzz, en 2008 se instalaron en el mundo 5,95 GW en paneles solares. El 91,3 por ciento se concentró en España, Alemania, los Estados Unidos de América, Corea del Sur, Italia y Japón. La industria fotovoltaica tuvo ganancias por 37,1 miles de millones de dólares y es fuente de empleo en todos los continentes. China y Taiwán producen el 44 por ciento de las celdas solares del mundo. El precio promedio mundial en ventas al detalle de paneles fotovoltaicos de las diferentes tecnologías, en agosto del 2009, es de 4,32 euros por watt-pico. Dado que la potencia entregada por un panel solar depende de la intensidad de la radiación incidente y de la temperatura, se ha convenido medirla en watt-pico; o sea, la potencia entregada bajo condiciones específicas de 1 000 W/m² de radiación solar y temperatura ambiente de 25 grados Celsius.

La mayor central fotovoltaica del mundo se encuentra en Portugal a un costo de 250 millones de euros. Está diseñada para sostener 350 mil paneles solares, una potencia de 62 MW y evitará la emisión de 60 mil toneladas de CO₂ al año.

1.10.1 Sistemas de protección Catódicos

La protección catódica es un método de proteger las estructuras de metal contra la corrosión. Es aplicable a puentes, tuberías, edificios, estanques, perforaciones y líneas ferroviarias. Para alcanzar la protección catódica se aplica un pequeño voltaje negativo a la estructura de metal y éste evita que se oxide o aherrumbre. El terminal positivo de la fuente es conectado a un ánodo galvánico o de sacrificio que es generalmente un pedazo del metal de desecho, que es corroído en vez de la estructura que se desea proteger. Las celdas solares fotovoltaicas a menudo se utilizan en lugares remotos para proporcionar este voltaje (Anónimo, 2010a; ECURED, 2011).

1.10.2 Cercas Eléctricas

Las cercas eléctricas se utilizan extensamente en agricultura para evitar que el ganado o los depredadores entren o deje un campo cerrado. Estas cercas tienen generalmente uno o dos alambres "vivos" que se mantienen con cerca de 500 voltios de Corriente Continua. Éstos dan una dolorosa descarga, pero inofensiva a cualquier animal que los toque. Esta descarga generalmente es suficiente para evitar que el ganado derribe los cercos. Estas cercas también se utilizan en recintos de la fauna y áreas protegidas. Requieren de un alto voltaje pero muy poca corriente y a menudo están situadas en áreas alejadas donde el costo de energía eléctrica es alto. Estas necesidades se pueden resolver mediante un sistema fotovoltaico compuesto de células solares, un acondicionador de energía y una batería.

1.10.3 Sistemas de Iluminación

A menudo se requiere iluminación en lugares remotos donde el costo de emplear energía de la red es demasiado alto. Tales aplicaciones incluyen la iluminación de seguridad, ayudas a la navegación (ej. boyas y faros), señales iluminadas en los caminos, señales en cruces ferroviarios y la iluminación de aldeas. Las células solares pueden satisfacer tales usos, aunque siempre se requerirá de una batería de almacenaje. Estos sistemas generalmente consisten de un panel fotovoltaico más una batería de almacenaje, un acondicionador de energía y una lámpara fluorescente de baja tensión y alta eficiencia. Estos sistemas son muy populares en áreas remotas, especialmente en países en vías de desarrollo y es uno de los usos principales de células solares.

1.11 Usos frecuentes de la energía fotovoltaica en Cuba

Los usos más comunes de los sistemas de electrificación fotovoltaica en Cuba son los siguientes. Energía eléctrica para círculos sociales y consultorios médicos en lugares de difícil acceso, fundamentalmente en zonas montañosas de la región oriental, sobre todo en la Sierra Maestra, se ha desarrollado además un programa de creación de salas de videos en comunidades apartadas. Energía eléctrica para las escuelas rurales, se aplica en pequeñas escuelas rurales apartadas, para que puedan captar la señal de la televisión educativa, mediante los cuales se eleva la calidad del proceso docente educativo, más de 1944 escuelas han recibido este beneficio (ECURED, 2011).

Hoy se puede decir que la provincia Granma es una de las que más genera electricidad con los Sistemas Fotovoltaicos, cuenta con 82 paneles solares en viviendas rurales, 14 en Bayamo, 3 en Guisa, 11 en Río Cauto, 7 en Cauto Cristo, 4 Jiguaní y 43 en Bartolomé Masó (ECURED, 2011).

Miles son los objetivos sociales y económicos que a lo largo de toda la geografía cubana han sido electrificados con paneles solares entre los que se destacan, cooperativas, fincas, campismos populares, repetidores de televisión e instalaciones de telefonía no atendidas entre otros.

En los últimos años se recuperó la producción de módulos fotovoltaicos en el país y el combinado de Componentes Electrónicos de Pinar del Río debe alcanzar en los próximos años una capacidad elevada de producción, lo que permitirá satisfacer crecientes demandas del mercado nacional y la exportación.

El uso de programas de aprendizaje a distancia a través de un televisor y el uso de equipos de sonido para desarrollar las habilidades artísticas de los niños y niñas, son dos de los beneficios directos más evidentes de esta aplicación. También existen beneficios para los adultos; por ejemplo, programas de alfabetización nocturna, reuniones comunitarias nocturnas, puestos de salud, puestos de emergencia, puestos policiales, etc. Una ventaja importante de este tipo de aplicación es que la cantidad de beneficiarios es grande y los costos de este tipo de sistemas no son considerablemente mayores que los costos de un sistema individual para aplicaciones domésticas.

Generalmente se asocia a los sistemas fotovoltaicos con la iluminación eléctrica para los interiores de las viviendas rurales, sin embargo, la iluminación de canchas de fútbol, espacios libres comunitarios, caminos, parques, calles y otros sitios públicos es otra aplicación extremadamente útil de los sistemas fotovoltaicos. El beneficio de la iluminación es mayor cuando el número de usuarios es grande. Además, los sistemas fotovoltaicos de iluminación pública pueden proveer suficiente energía para el entretenimiento de la comunidad a través de la utilización de televisores o equipos de sonido.

Una ventaja importante de la iluminación fotovoltaica pública es que el costo de una luminaria fotovoltaica autónoma no es significativamente mayor que el costo de un sistema fotovoltaico doméstico; mientras que el número de usuarios y el número de beneficios del sistema fotovoltaico de iluminación pública es muchos más grande que en el caso del sistema doméstico de iluminación.

Conclusiones del capítulo I

- Se determinó el estado del arte vinculado con los sistemas fotovoltaico que sirven de base y fundamento teórico de la investigación.
- Se hizo énfasis a generalidades de los sistemas solares fotovoltaicos, así como sus antecedentes, funcionamiento y dispositivos existentes.
- Se constató ventajas que ofrece la optimización de los dispositivos de generación a través de fuentes renovables.
- Se analizaron características con las que cuenta este medio de obtención de energía eléctrica y una detallada explicación de todas sus funciones.

Capítulo 2
Dimensionado del Sistema
Solar Fotovoltaico .

CAPÍTULO 2. DIMENSIONADO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.

2.1 Introducción

En el presente capítulo se realiza el dimensionado del Sistema Fotovoltaico con conmutación a la red, a través del levantamiento realizado en el CEETAM del ISMMM.

Tabla 2.1 Consumo energético del CEETAM

Equipo	Unidades	Potencia(W)	Horas(h)	Energía(Wh)
Lámparas	9	40	8	2880
Computadoras	4	350	8	11200
Ventiladores	2	50	8	800
Impresoras	1	370	2	740
Total	16	810	26	15620

Características de la instalación fotovoltaica

Tipo de instalación: Aislada

Tipo de corriente eléctrica usada: CA

Régimen diario de uso: Ejemplo/8hrs/Día. Diurno

Periodo de consumo: Todo el año

Tabla 2.2 Irradiación solar Moa, fuentes de los datos (“Orestes Acosta, año 2010”)

Meses	E	F	M	A	M	J	Jul	A	S	O	N	D	Unidad
HPS	7.26	8.54	8.66	8.79	8.96	8.61	8.72	9.62	8.2	6.87	7.01	6.9	kW/m ²

Otros datos para el sistema.

Tensión nominal del sistema: 220V

Localización geográfica del sistema (ISMM, Moa, Cuba). Autonomía: 1 Día

2.2 Equipos que serán alimentados por el sistema fotovoltaico

Por su importancia dentro del centro de estudio se decide alimentar con energía solar fotovoltaica:

Tabla 2.3 Equipos que se alimentaran

Equipo	Unidades	Potencia(W)	Horas(h)	Energía(Wh)
--------	----------	-------------	----------	-------------

Lámparas	2	40	7	480
Computadoras	1	350	1	350
Total	3	390	8	910

2.3 Dimensionado del generador Solar Fotovoltaico

El proceso de dimensionamiento conlleva una serie de pasos, que se indican en los acápite siguientes.

A partir del consumo energético teórico (910 Wh) se calcula el consumo energético real E (W-h), necesario para hacer frente a los múltiples factores de pérdidas que van a existir en la instalación fotovoltaica (Austin,2010):

$$E = \frac{Et}{R} \quad (2.1)$$

Donde:

Et : Consumo energético teórico.

R es el parámetro de rendimiento global de la instalación fotovoltaica definido como (Austin, 2010):

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left(1 - \frac{K_a + N}{P_d}\right) \quad (2.2)$$

Donde:

K_b : Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador (0.05 en sistemas que no demanden descargas intensas y 0.1 en sistemas con descargas profundas).

K_c : Coeficiente de pérdidas en el convertidor (0.05 para convertidores sinusoidales, trabajando en régimen óptimo y 0.1 en otras condiciones de trabajo, lejos de lo óptimo)

K_v : Coeficiente de pérdidas varias: Agrupa otras Pérdidas como: rendimiento de red, efecto jule, etc. Se toma 0.05-0.15 como valores de referencia.

K_a : Coeficiente de auto descarga diario (0.002 para las baterías de baja auto descarga (Ni-Cd), 0.005 para baterías estacionarias de Pb-acido (las más habituales) y 0.012 para las baterías de altas auto descargas)

N : Números de días de autonomía de la instalación

P_d : Profundidad de descarga diaria de la batería: esta profundidad de descarga no excederá el 80%

$$R = (1 - 0.05 - 0.05 - 0.07) * \left(1 - \frac{0.005 + 1}{0.8}\right) = 0.82$$

Sustituyendo los parámetros de la ecuación(2.1), el consumo energético real E, es:

$$E = \frac{Et}{R} = \frac{910}{0.82} = 1109,75 KWh$$

Una vez definida la unidad energética real E, se obtiene la capacidad del banco de baterías C (A-h) necesario, del siguiente modo:

$$C = \frac{Et * N}{V * P_d} \quad (2.3)$$

$$C = \frac{1109,75}{12 * 0.8} = 115.59 Ah$$

Donde:

E: Energía real previamente calculada

V: Tensión nominal del acumulador

2.3.1 Selección

En el mercado hay paneles de potencias diversas y calidades, según las celdas Policristalinas de silicio semiconductor de las que están formados(Cuenca, 2004). En este caso el SW 150 poly R6A de potencia máxima 150 W, tensión nominal 12 V y corriente de cortocircuito 8.81 A.

El número de paneles solares (NP) necesarios se calcula del siguiente modo:

$$Np = \frac{E}{0.9 * Wp * HP_s} \quad (2.4)$$

$$Np = \frac{1109,75}{0.9 * 150 * 8.14} = \frac{1109,75}{1098,9} \approx 2$$

Donde:

Np: (número de panel fotovoltaico). Cantidad de paneles.

E: Energía real demandada por los acumuladores.

0.9: Coeficiente.

HPs: Hora solar pico (la media de valores de la tabla)

Se necesitan para alimentar el CETAMM del ISMMM 2 paneles solares fotovoltaicos del tipo SW 150 poly R6A de 150 W de potencia.

Este panel constituido por células cuadradas fotovoltaicas de silicio Monocristalino de alta eficiencia, capaces de producir energía con tan solo el 4-5% de radiación solar. Este hecho asegura una producción que se extiende desde el amanecer hasta el atardecer, aprovechando toda la potencia útil posible que nos es suministrada por el sol.

Las conexiones redundantes múltiples en la parte delantera y trasera de cada célula, ayudan a asegurar la fiabilidad del circuito de modulo. Gracias a su construcción con marcos laterales de aluminio anodizado y frente de vidrio, de conformidad con estrictas normas de calidad, estos módulos soportan las inclemencias climáticas más duras, funcionando eficazmente sin interrupción durante su larga vida útil (25 años según el fabricante).

2.4 Perdidas en el generador

Además de los rendimientos típicos de los diferentes elementos, hay otras pérdidas en el generador.

Estas pérdidas son básicamente las indicadas.

Tabla 2.4 Tipos de Pérdidas

Tipo de pérdida	Símbolo	Valor típico
Sombras e inclinación	Pso	0%
Suciedad	Psu	5%
Incremento de la temperatura	Pt	10%
Orientación	Po	0%
Tolerancia en los valores de potencia nominal	Pn	10%
Otros efectos	Pv	3%
Envejecimiento	Pe	20%

2.4.1 Pérdidas por sombras

Si se orienta e inclina correctamente el panel, pero se tiene delante un obstáculo

que proyecta su sombra sobre él, la eficacia del sistema puede llegar a ser nula. Por ello se debe de asegurar que sobre nuestros paneles no se proyecten sombras (en la medida de lo posible). Por tanto, se aplica para ello el siguiente criterio:

2.4.2 Pérdidas totales de captación admisibles.

Tabla 2.5 Pérdidas

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

La instalación del panel o paneles se realizará de forma que se asegure que al mediodía solar del día más desfavorable del año (solsticio de invierno) no haya más de un 10% de la superficie útil de captación en sombra para el caso general.

2.4.3 Pérdidas por suciedad

Las pérdidas por suciedad para el sistema que se propone son de alrededor de un 5% por ser Moa un municipio netamente industrial y principalmente productor de níquel más cobalto en minas de cielo abierto que durante su explotación expulsa a la atmosfera grandes cantidades de partículas que son trasladadas por los vientos, haciendo que el ambiente en este lugar seas de alta contaminación impidiendo que el panel propuesto tenga un 100% de eficiencia por suciedad.

2.4.4 Pérdidas por incremento de temperatura

Las pérdidas por incremento de temperaturas no afectan directamente al panel solar propuesto, por el simple hecho que posee una tolerancia de hasta 85 °C y es capaz de producir energía eléctrica en la más desfavorable de las condiciones.

2.4.5 Pérdidas por tolerancia en los valores de potencia nominal.

La tolerancia en los valores de potencia de los paneles solares fotovoltaicos oscila entre 0 y 10%. Para estar seguros de que se consideraron estas pérdidas, independientemente del tipo de panel, se toma como pérdidas por tolerancia el máximo especificado por el fabricante o, en caso de no hacerlo, un 10%.

2.4.6 Pérdidas por otros efectos.

Las pérdidas por otros efectos pueden ser, por ejemplo, las debidas a los elementos de protección y las caídas de tensión debidas a la interconexión de los módulos. Estos efectos vienen a representar un mínimo del 3% de pérdidas en el generador.

2.4.7 Pérdidas por envejecimiento.

Las pérdidas por envejecimiento son muy importantes ya que obligan a incrementar el tamaño del generador en un 25 % para que dure 25 años. Como se explica a continuación no se aplicará este factor de corrección salvo en instalaciones muy críticas y de difícil acceso, ya que otros aspectos a considerar compensan el envejecimiento.

2.4.8 Pérdidas totales en el generador.

Las pérdidas totales en el generador vendrán dadas por la ecuación siguiente:

$$P_{totales} = P_{so} + P_{su} + P_t + P_n + P_v \quad (2.5)$$

Dónde: $P_{totales}$ son las pérdidas totales y los demás factores son los indicados con anterioridad.

2.5 Dimensionado del acumulador

Conociendo que:

La tensión nominal del acumulador es de 12 V

La capacidad del banco de baterías es 115.59 Ah obtenida en

Cc: Capacidad corregida del banco de baterías:

$$C_c = \frac{C}{Pd} = \frac{115.59}{0.8} = 144.48Ah \quad (2.6)$$

Pd: Profundidad de descarga de la batería: Esta profundidad de descarga no excederá el 80% (Referida a la capacidad nominal del acumulador), ya que la eficiencia de este decrece en gran medida con ciclos de carga y descarga muy profundos.

C6-Capacidad nominal de batería (Según especificaciones del fabricante) 3120 A/h

C7-Número de Baterías

$$C7 = \frac{C_c}{C6} \quad (2.7)$$

$$C7 = \frac{C_c}{C6} = \frac{144.48}{3120} \approx 1$$

C8=Número de baterías a 1;12V;3120Ah

Con los resultados obtenidos se opta por el acumulador AGM POWER 12V 260Ah y una vida útil de 100 ciclos profundos.

2.6 Densidad de la corriente demandada de la carga

Para determinar la corriente demandada por la carga de las baterías se realiza el siguiente cálculo:

$$I = \frac{P_{inst}}{U_{usada}} \quad (2.8)$$

$$I = \frac{910}{220} = 4.136A$$

Dónde:

P_{inst} : Potencia instalada en la carga

U_{usada} : Tensión de trabajo del sistema

2.7 Dimensionado del Regulador

Corriente de cortocircuito de la celda 8.81 A (Es suministrado por el fabricante)

Corriente de máxima potencia:

$$I_{max} = I_{cc} * N_p \quad (2.9)$$

$$I_{max} = I_{cc} * N_p = 8.81 * 2 = 17,62A$$

Para este generador fotovoltaico se necesita un regulador de 17,62 A.

Se seleccionó el regulador modelo SOLENER RSD 30.

2.8 Dimensionado del Inversor

P_{inv} Va a ser igual a la suma de la potencia de la carga ($P_{ac}=0.91kW$) por el margen de seguridad (20%)

$$P_{inv} = 1,2 * P_{ac} \quad (2.10)$$

$$P_{inv} = 1.2 * 0.91 = 1.092kW$$

Con los resultados obtenido el inversor seleccionado debe cubrir al menos la potencia requerida, teniendo en cuenta lo anterior se decide el inversor MultiPlus Compact 12-1200-60 monofásico de 1,2 kW, garantiza los requisitos necesarios.

2.9 Dimensionado del cableado

El cálculo del diámetro de los conductores que transmitirán la energía eléctrica desde la instalación de los paneles solares, hasta los equipos del CETAM del ISMMM, se realiza utilizando la fórmula de potencia activa:

$$P = V * I * \text{Cos } \varphi \quad (2.11)$$

Donde:

P: es la potencia máxima demandada por los equipos del CETAM a la red (W).

V: tensión de trabajo (V).

Cos φ : el factor de potencia medida en los equipos (P.u) e (I) la corriente demandada por los equipos (A).

Despejando en la ecuación (2.11) y tomando como factor de potencia 0.93 medido con un amperímetro de pinza

$$I = \frac{P}{V * \text{Cos } \varphi}$$
$$I = \frac{910}{220 * 0.93} = 4.447 \text{ A}$$

Para trabajar con un valor lo más real posible se midió cada 1 hora y en diferentes fechas y se calculó con una media y con ese valor se realizan los cálculos:

Como la corriente calculada es de 4.447 A se selecciona un conductor de cobre 1 ϕ número 12 AWG, 2.1nm², 15 A con cualquier aislamiento según normas canadienses "Power Unleasher od Canadian Assosiation" (CEC 2002).

Tabla 2.6 Resumen de los equipos y materiales necesarios

Equipos y materiales	Cantidad
Conductor de cobre 1 ϕ , Nro 12 AWG, 2.1nm ² , 15 A	300m
Regulador Solar SOLENER RSD 30	1
Acumulador	1
Paneles fotovoltaicos SW 150 poly R6A de 150 W de potencia máxima y 12 V nominales de tensión	2
Inversor MultiPlus Compact 12-1200-60	1

2.10 Orientación e inclinación del Panel Solar

Para realizar la orientación de los módulos solares fotovoltaicos se deben de tener en cuenta la latitud del lugar en el que se van a instalar los paneles, para el caso de la latitud de Moa, Holguín, Cuba: $20^{\circ}39'25''$ N. la longitud: $74^{\circ}56'25''$ W. Luego que se determina se le suman 10 grados a la latitud del lugar y esa será entonces la inclinación sobre la horizontal que tendrán los paneles.

En caso que no se cuente con este dato se aconseja inclinar los paneles solares 15 grados sobre la horizontal en verano y 30 en invierno, pero en lugares en los que se cuente con climas como el de Cuba por ejemplo se aconseja tener 30 grado de inclinación todo el año y así evitar tener que manipular a los módulos cada vez que se cambia de estación o las condiciones climáticas son cambiantes.

Para la orientación se buscará que la parte frontal del panel reciba la mayor radiación solar en el transcurso del día logrando que sea lo más eficiente posible el sistema, recordando siempre que la instalación es fija y que carece de seguidores solares que siguen durante el día el movimiento del sol y aumentan el rendimiento de la instalación solar en un 30%.

La orientación del sistema que se propone en este trabajo de diploma se orientará este oeste siguiendo el punto en el que sale el sol y se esconde en las tardes. Con esta orientación se logra que en el horario de almuerzo el sol quede perpendicular sobre el GSF según trabajos precedentes

Por lo tanto, el ángulo de inclinación (β) del sistema estará dado por la ecuación:

$$\beta = \text{latitud} + 10^{\circ} \quad (2.12)$$

Donde:

β : ángulo de inclinación.

Latitud: corresponde al valor de la latitud del lugar donde se va a instalar el Sistema Fotovoltaico.

$$\beta = 20^{\circ} + 10^{\circ} = 30^{\circ}$$

El ángulo de inclinación del mecanismo será entonces igual de 30°, para el caso que corresponde a este proyecto.

2.11 Puesta en marcha y mantenimiento de la instalación

Este acápite presenta algunos aspectos generales de los trabajos a realizar para llevar a cabo la puesta en marcha del GSF, así como para que resulte más fácil y económico su montaje y mantenimiento. Hasta el momento de la instalación mantener todo el material en sus cajas y embalajes originales para evitar deterioros, prestando especial atención a las indicaciones de fragilidad.

- Se debe tener cuidado de no exponer a la intemperie aquellos elementos que no están preparados para ello.
- Leer detenidamente la información proporcionada por el fabricante de cualquiera de los equipos utilizados, antes de instalarlos. El conocimiento de las limitaciones de un producto o la secuencia a seguir durante su montaje o conexión no sólo facilitará su instalación, también evitará problemas y costes adicionales.
- Seguir siempre las normas básicas de seguridad.
- Diseñar e instalar el sistema pensando que, en algún momento, deberá ser mantenido, reparado o ampliado. Esto implica que todos los componentes en la instalación deben tener un acceso fácil y un diseño modular.
- Recordar que la temperatura y humedad ambientes, ya sean muy elevadas o muy bajas, afectan al funcionamiento y la vida útil de todos los componentes del sistema, especialmente a las baterías, reguladores e inversores.
- Realizar las operaciones de montaje de forma lógica y ordenada para evitar, accidentes, daños de materiales o dificultades adicionales en el montaje de la instalación.
- Actuar con sentido común y planteamiento práctico, teniendo en cuenta que el conocimiento técnico es fundamental, ya que no se conoce todo y que preguntar es un signo de inteligencia y no hace daño a nadie.

Conclusiones del capítulo II

- Se logró realizar un estudio de las cargas de consumo en los equipos del CEETAM.
- Se realizó a través de cálculos el dimensionado del Sistema Solar Fotovoltaico.

Capítulo 3
Propuesta del Sistema Solar
Fotovoltaico e impacto
medioambiental.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.

Equipamiento con que se cuenta en el CEETAM

3.1 Panel Solar (Sunmodule SW 150 poly R6A)

Poseen una garantía de producto de 10 años y de rendimiento lineal de producción de 25 años (el primer fabricante que introdujo este formato).

El módulo SolarWorld SW 150 R6A Poly, es un panel solar de 150W y 12V, fabricado íntegramente en Europa, en la ciudad universitaria sajona de Freiberg (Alemania), aquí se realizan todas las etapas de la producción, desde el silicio hasta el módulo, en contacto directo con la empresa de investigación y desarrollo SolarWorld Innovations, propiedad del consorcio.

Tabla 3.1 Valores del Módulo

Punto de máxima potencia (Pmax)	150 Wp
Tensión a circuito abierto (Voc)	22,5 V
Tensión a máxima potencia (Vmpp)	18,3 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8,81 A
Corriente a máxima potencia (Impp)	8,27 A
Coeficiente de variación de Isc/Temp. (Ki)	0,007136
Coeficiente de variación de Voc/Temp. (Kv)	-0,08325
Cantidad de celdas	36

3.2 El regulador SOLÉNER RSD

El regulador SOLÉNER RSD ha sido diseñado y fabricado por SOLUCIONES ENERGÉTICAS, S.A. para controlar la carga de las baterías en instalaciones fotovoltaicas aisladas. Su fiabilidad, versatilidad y facilidad de uso lo convierten en un equipo ideal para sistemas domésticos.

Descripción:

Se trata de un regulador serie, controlado por microprocesador, con algoritmo de carga gaseo/flotación y etapas de estado sólido. Ha sido diseñado para cubrir el segmento base del mercado, en pequeñas instalaciones domésticas sin monitorización. Su diseño ultraplano (22 mm) y el material (chapa galvanizada pintada al horno en epoxy) le

confieren una resistencia mecánica y al medio excepcional. Es bitensión automático (puede conectarse a 12V ó 24 Voltios sin cambiar nada). Está protegido contra:

- inversión de polaridad.
- cortocircuito en la salida.
- sobrecorriente en entrada y en salida.
- picos de tensión en paneles, batería y consumo.

Características Técnicas:

- Tensión nominal: bitensión 12/24 V
- Intensidad máxima de entrada: 30 A
- Intensidad máxima de salida: 30 A
- Sobrecarga admisible: 25%
- Autoconsumo:
- Pérdida máxima generación / consumo: aprox 3.0/1.0 W
- Diodo inteligente de entrada: Sí
- Tipo de regulación: serie
- Estados de carga: carga profunda, flotación, igualación.
- Señalización del estado: mediante LEDs y pantalla LCD
- Dimensiones (anxalxf, en mm): 160x172x24 mm
- Peso: 0.40 kg
- Caja: acero galvanizado
- Pintura: Epoxy al horno
- Grado de estanqueidad: IP32
- Rango de funcionamiento a plena carga: -10 a +50°C
- Rango de funcionamiento del LCD: -2 a +50°C

3.3 Inversor MultiPlus Compact 12-1200-60 monofásico de 1,2 kW

El MultiPlus Compact debe su nombre a las múltiples funciones que puede realizar. Reúne, en una sola carcasa compacta, un poderoso inversor sinusoidal, un sofisticado cargador de baterías con tecnología de carga variable y un conmutador de transferencia de CA de alta velocidad. Además de estas funciones básicas, el MultiPlus Compact dispone de varias funciones avanzadas que proporcionan una gama de nuevas aplicaciones.

Características:

Alimentación CA ininterrumpida: En caso de apagón, o de desconexión del pantalán o del generador, el inversor del MultiPlus Compact se activa automáticamente y asume el suministro para alimentar las cargas conectadas. Esto ocurre tan rápido (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.

Funcionamiento en paralelo y en trifásico: Hasta 6 inversores pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

PowerControl – Potencia limitada del generador o del pantalán: En el Panel Multi Control puede establecerse una corriente máxima proveniente del generador o del pantalán. El MultiPlus Compact tendrá en cuenta las demás cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga, evitando así sobrecargar el generador o la red del pantalán.

PowerAssist – Aumento de la capacidad eléctrica del pantalán o del generador: Esta función lleva el principio de PowerControl a otra dimensión, permitiendo que MultiPlus complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, es posible reducir la potencia de generador necesaria o, al contrario, aumentarla para compensar la conexión del pantalán, casi siempre limitada. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

Relé programable: MultiPlus está equipado con un relé programable, que está programado por defecto como relé de alarma. Este relé se puede programar para cualquier tipo de aplicación, por ejemplo, como relé de arranque para un generador.

Tabla 3.2 Valores estándares de fábrica:

Frecuencia del inversor	50 Hz
Rango de frecuencia de entrada	45 - 65 Hz
Rango de tensión de entrada	180 - 265 V CA
Tensión del inversor	230 VCA
Autónomo/paralelo/trifásico	autónomo
Curva de carga de la batería	adaptativa de cuatro fases con modo BatterySafe
Corriente de carga	75% de la corriente de carga máxima Victron Gel Deep Discharge (también adecuada para Victron AGM Deep Discharge)
Carga de ecualización automática	off
Tensión "Absorption"	14.4 / 28.8v
Tiempo de absorción	hasta 8 horas (dependiendo del tiempo inicial)
Tensión "Float"	13,8/27,6V
Tensión de almacenamiento	13.2 / 26.4V (no ajustable)
Tiempo de absorción repetida	1 hora
Intervalo de absorción repetida	7 días
Protección inicial	on
Límite de la corriente CA de entrada	12 A (límite de corriente ajustable para las funciones)

3.4 Batería AGM POWER 12V 260 Ah. C100:

La batería AGM POWER de **12 voltios y 260 amperios-hora** de capacidad en un régimen de carga y descarga de 100 horas sirve para todo tipo de instalaciones fotovoltaicas aisladas, tanto de 12 voltios como de 24 voltios (en instalaciones solares de 24 voltios hay que colocar 2 baterías en serie).

La batería AGM POWER de 260 amperios-hora en C100 es una batería ideal para instalaciones solares aisladas con consumos pequeños o medios (en instalaciones a 24 voltios), ya sean esporádicos o más frecuentes. La frecuencia de uso afectará a la vida de la batería de forma que a mayor frecuencia, menor vida de uso y viceversa.

La batería AGM POWER es una **batería solar de arranque** capaz de entregar corrientes eléctricas **ultra-rápidas** de manera que se puedan cubrir las cargas eléctricas de arranque típicas de motores. La batería AGM POWER también se puede cargar más rápidamente que una batería monoblock de plomo-ácido abierta.

Las **baterías AGM** son muy recomendables para usos en los que se requiera corrientes muy elevadas durante periodos cortos (propulsores, inversores, motores de arranque...), debido a su resistencia interna muy baja. Así pues, las baterías AGM son más adecuadas que las GEL **para situaciones con alta intensidad de descarga**.

Las AGM POWER incorporan unas válvulas de regulación de gases para una mejor recombinación de éstos. Así se evitan pérdidas y la presión interna queda mejor regulada, **por lo tanto, el rendimiento es mejor**.

La batería AGM POWER está fabricada con **fibra de vidrio absorbente**. El electrolito necesario para llenar la batería es introducido en ella y es absorbido por la fibra de vidrio absorbente de forma que la batería AGM POWER no dispone de electrolito líquido en su interior. Esto hace que la batería AGM POWER **no necesita mantenimiento**, ya que el electrolito de la batería no se gasifica y por tanto no se evapora en sus operaciones de reducción-oxidación que permiten transformar la energía eléctrica física en energía química. ¿Qué ofrece la batería AGM POWER 12V 260 Ah en C100 en particular?

- Sin mantenimiento: no hace falta añadir electrolito
- Batería de arranque para motores eléctricos
- Sin emisiones de gases corrosivos: al ser una batería sellada, no sufre de evaporaciones ni gasificaciones

Detalles técnicos:

- Voltaje: 12V
- Número de células: 6
- Dimensiones: 522mm de longitud x 240 mm de ancho x 219 mm de altura
- Peso: 57.9Kg
- Capacidad: 260Ah en C100; 200Ah en C10

3.5 Esquema de la instalación.

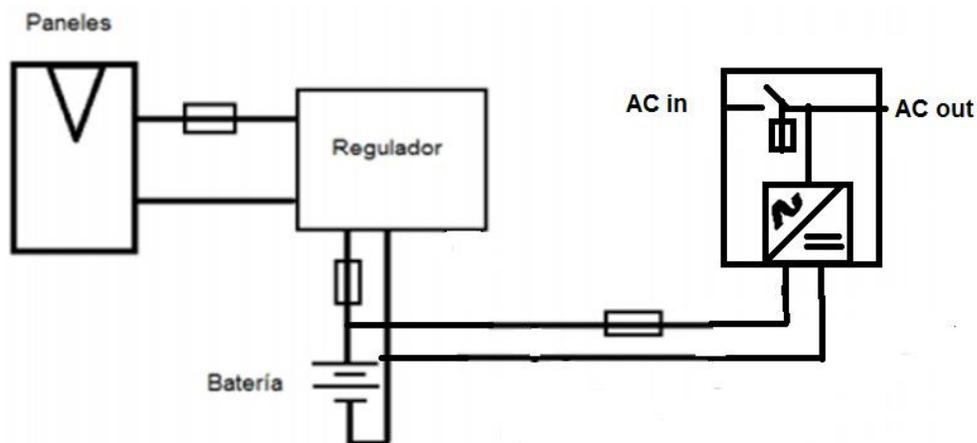


Figura 3.1 Instalación del Sistema Solar Fotovoltaico

3.6 Análisis ambiental

La energía solar fotovoltaica es, al igual que el resto de energías renovables, inagotable, limpio, respetuoso con el medio ambiente y sienta las bases de un autoabastecimiento. Contribuye a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero y especialmente de CO₂, ayudando a cumplir los compromisos adquiridos para proteger el planeta del cambio climático.

3.7 Impacto medioambiental indirecto.

La ganancia en el efecto indirecto (E_i) por el uso de la instalación a través de los paneles solares se calcula teniendo en cuenta que la potencia suministrada por los paneles es de 0.150 kWh. Si se considera que el uso de la instalación es de 8 horas diarias por 24 días-mes y 12 meses al año, el suministro de energía será de 345.6 kWh al año.

A partir de lo anterior, y teniendo en cuenta referencias internacionales de que por cada kWh que se consume a partir de la generación de electricidad con combustibles fósiles se emanan al medio ambiente 0,94 kg de CO₂ (Ayala 1995; BUN-CA 2002; CEC 2002;

Cuenca 2004; Augustin 2010), entonces en este caso se dejará de emitir al medio ambiente:

$$E_i = 345.6kWh / \text{año} * 0.94kgCO_2 / kWh = 324,86kgCO_2 / \text{año} \quad (3.1)$$

Lo que demuestra que también habría una disminución considerable de emanación del CO₂ al medio ambiente por el concepto de uso del Sistema Fotovoltaico objeto de estudio.

Por otro lado, es indispensable que se tenga una conciencia en el uso desmesurado de fuentes de obtención de electricidad convencionales que son más eficientes pero que generan tantos residuos a la atmósfera cada año pero que si se toman las medidas necesarias ayudará a una armonía con el medio ambiente.

3.8 Ventajas al medio ambiente

Es fundamental que las tareas de instalación y mantenimiento se realicen teniendo en cuenta las normas de seguridad básicas destinadas a proteger a quien las lleva a cabo. En cualquier caso, se deben instalar las señales indicativas normalizadas, que avisen de los posibles accidentes o de las acciones de peligro que se deben evitar, en todos los lugares de la instalación que sean necesarias.

Para realizar el mantenimiento del acumulador se debe tener en cuenta las normas de seguridad establecidas por los organismos competentes o de la empresa. Algunas de las más básicas son expuestas a continuación:

- Las herramientas a usarse (pinzas, destornilladores, etc.) pueden, accidentalmente, producir un cortocircuito en las baterías al tocar simultáneamente los dos terminales o conductores. Para minimizar esta posibilidad se recomienda utilizar herramientas con protecciones aislantes en las superficies metálicas que no son utilizadas.
- Antes de utilizar las sondas de un polímetro en los bornes de las baterías, hay que asegurarse de que el polímetro ha sido colocado correctamente para medir tensiones. Dado que de no hacerse correctamente se pueden producir daños en el polímetro o provocar un arco eléctrico, que puede causar una explosión.
- Todas las operaciones con baterías se deben realizar habiendo desconectado el acumulador del resto de la instalación. Además, antes de realizar cualquier operación con una batería, que ha sido cargada, es recomendable dejarla como mínimo una hora con los tapones retirados.
- No se deben usar anillos, cadenas, relojes y pulseras mientras trabaja con las baterías, para evitar cortocircuitos accidentales.
- En cualquier trabajo con baterías se deben utilizar vestimentas adecuadas que cubran la totalidad del cuerpo, además se deben utilizar botas, guantes y gafas de

protección, así como mascarillas para evitar la inhalación de gases y delantal de goma para trabajar con baterías de plomo-ácido.

- Se debe disponer de agua abundante y de bicarbonato sódico para neutralizar el ácido del electrolito en el caso de que salte a la piel o a los ojos.
- No se debe fumar ni utilizar soldadores, sopletes o cualquier otra fuente de calor intenso en la sala de baterías.
- Se debe evitar, la sujeción de las baterías por los bornes y que los elementos metálicos de elevación se enganchen con los bornes y produzcan un cortocircuito. Además, el aparejo de elevación debe disponer de protección de seguridad para atmósferas inflamables.
- No se deben realizar esfuerzos físicos excesivos para mover o colocar las baterías en sus estantes, ya que se pueden producir lesiones traumáticas graves.

Además, en las instalaciones fotovoltaicas deben adoptarse las mismas medidas de seguridad personal que en cualquier otra instalación eléctrica, establecidas por los organismos competentes. Algunas de las más básicas son expuestas a continuación:

- Tomar las medidas necesarias para evitar las descargas eléctricas debidas a contactos directos o indirectos accidentales con las líneas de corriente.
- No manipular cables o conexiones sin haberse asegurado de las tensiones de trabajo.
- No manipular un conductor activo mientras el otro conductor activo pueda ser tocado accidentalmente.
- Tener mucho cuidado al manipular instalaciones eléctricas en locales con humedad o en presencia de ambientes potencialmente inflamables.

El montaje de una instalación fotovoltaica implica que el personal técnico se vea en situaciones de trabajo con peligro personal. Por lo que deben adoptarse las mismas medidas de seguridad personal que en cualquier otra instalación a la intemperie, establecidas por los organismos competentes. Algunas de las más básicas son expuestas a continuación:

- Evitar el trabajo en condiciones de fuerte insolación para evitar que pudieran producirse accidentes por agotamiento o pérdida de conciencia.
- Utilizar casco, guantes y botas de protección, para evitar posibles golpes provocados durante la manipulación de material.
- Utilizar gafas de sol adecuadas, para evitar pérdida momentánea de visión que puedan provocar accidentes.
- Utilizar siempre que sea necesario cuerdas, arneses, cinturones de seguridad redes. No confiarse al realizar trabajos a tal altura.
- Asegurarse de que las superficies de la azotea sean suficientemente resistentes y están en condiciones adecuadas para desplazarse por ellas y no hacerlo nunca sin asegurarse.
- Asegurarse de la correcta colocación, equilibrio y fijación de los andamios y escaleras.

- Mover el material con cuidado y utilizando grúas y sistemas de sujeción que impidan posibles daños al trabajador, por pérdidas de equilibrio o esfuerzos excesivos, o que puedan provocar daños por golpes o caídas al material.
- Se debe recordar que la tensión del inversor conectado a las baterías ya no es tan baja y este si puede provocar la muerte por electrocución del operario.

3.9 Consideraciones generales para la puesta en marcha de la instalación:

Desde un punto de vista práctico es imposible prever la gran variedad de condiciones que se pueden encontrar a la hora de diseñar y poner en marcha el Sistema Fotovoltaico. Pero tanto en el diseño como en el proceso de instalación se deben tener en cuenta las recomendaciones, que se mencionan a continuación, que permitan elegir en todo momento la solución más sencilla, práctica y económica posible. Las recomendaciones son las siguientes:

- Hasta el momento de la instalación mantener todo el material en sus cajas y embalajes originales para evitar deterioros, prestando especial atención a las indicaciones de fragilidad.
- Se debe tener cuidado de no exponer a la intemperie aquellos elementos que no están preparados para ello.
- Leer detenidamente la información proporcionada por el fabricante de cualquiera de los equipos utilizados, antes de instalarlos. El conocimiento de las limitaciones de un producto o la secuencia a seguir durante su montaje o conexionado no sólo facilitará su instalación, también evitará problemas y costes adicionales.
- Seguir siempre las normas básicas de seguridad.
- Diseñar e instalar el sistema pensando que, en algún momento, deberá ser mantenido, reparado o ampliado. Esto implica que todos los componentes en la instalación deben tener un acceso fácil y un diseño modular.
- Recordar que la temperatura y humedad ambientes, ya sean muy elevadas o muy bajas, afectan al funcionamiento y la vida útil de todos los componentes del sistema, especialmente a las baterías, reguladores e inversores.
- Realizar las operaciones de montaje de forma lógica y ordenada para evitar, accidentes, daños de materiales o dificultades adicionales en el montaje de la instalación.
- Actuar con sentido común y planteamiento práctico, teniendo en cuenta que el conocimiento técnico es fundamental, ya que no lo se conoce todo y que preguntar es un signo de inteligencia y no hace daño a nadie.

3.10 Otros beneficios de utilizar energía solar fotovoltaica:

En aplicaciones espaciales como satélites y sondas exploratorias son imprescindibles el uso de paneles solares ya que no se tiene otra forma más duradera de alimentar por tantos años a estos dispositivos que al estar tan cerca del sol reciben 8 veces más radiación solar de la que se recibe en la tierra y no se ven afectados por el ciclo día/noche

al que está sometido el planeta tierra. Son una forma rápida de obtener electricidad en lugares en los que solamente se puede implementar este tipo de tecnología.

Es de una vida útil de entre 20-30 años produciendo electricidad entre el 100 y el 80% pero esto no significa que llegado este periodo se deja de producir electricidad, sino que se reduce la eficiencia de los módulos que bajan su rendimiento, pero aun así son capaces de alimentar cargas que se deberán reestudiar para adecuarlas al rendimiento de los paneles fotovoltaicos.

No requiere de líneas de transporte para largas distancias ya que este tipo de instalaciones son autónomas por lo que los paneles están relativamente cerca de la carga que se desea alimentar.

Conclusiones del capítulo III

- Se mostró el equipamiento existente y sus características
- Se realizó el estudio del impacto medioambiental que tiene el uso de los Sistemas Solares Fotovoltaico.

*Conclusiones y
recomendaciones*

CONCLUSIONES GENERALES

El estudio de los antecedentes y la revisión bibliográfica de literatura especializada sirvieron de como base teórica y guía en esta investigación.

Se realizó a través de cálculos el dimensionado del Sistema Solar Fotovoltaico y se demostró que la ejecución del proyecto del Sistema Solar Fotovoltaico para el CEETAM en el ISMMM, evitará emanar al ambiente la cantidad de 324.86 kgCO₂/kW por concepto de no utilizar energía eléctrica convencional.

Se realizó la propuesta de un sistema fotovoltaico con el equipamiento con el que se cuenta en el CEETAN.

Con el dimensionado realizado para el diseño propuesto, se logra tener una fuente de respaldo al suministro eléctrico de los equipos informáticos del CEETAM del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, que impida la interrupción de los servicios prestados por dicho departamento.

RECOMENDACIONES

1. Ejecutar el proyecto acorde a los resultados expuestos en este trabajo.
2. Promover el uso eficiente de la energía solar en todas sus formas y aplicaciones, haciendo énfasis particular en el desarrollo de las tecnologías para el suministro de energía en el ISMM, así como las demás organizaciones del estado cubano y del territorio.
3. Llevar a cabo el cumplimiento de las normas de seguridad y mantenimiento del Sistema Solar Fotovoltaico planteadas en la memoria escrita de la investigación.

Referencias bibliográficas

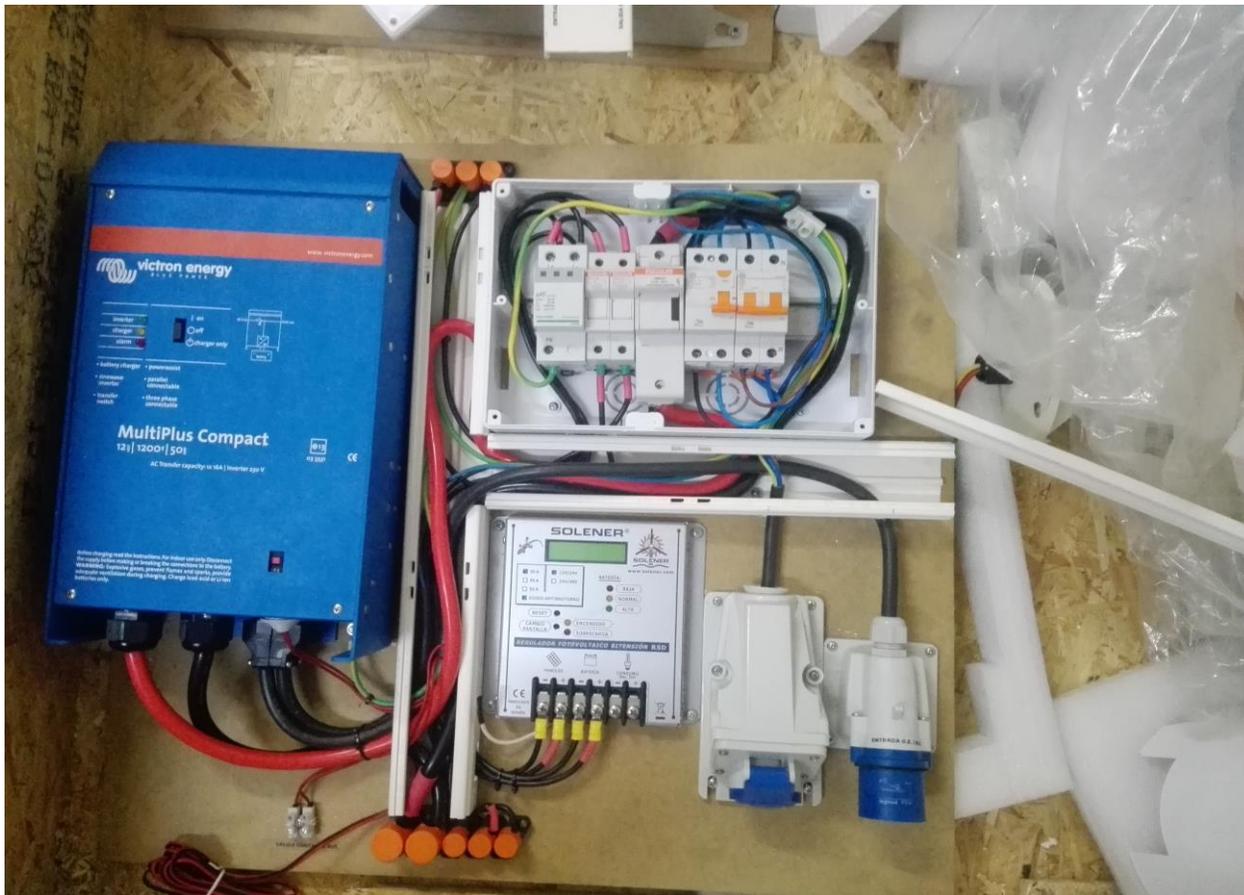
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSTIN, C. Cálculo de una instalación solar térmica y fotovoltaica. *RIMEEE*, 2010.
- AYALA, D.G. *Energía Solar*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, 1995.
- BUN-CA. Manuales sobre energía renovable:Solar / Biomass 2002.
- CUENCA, G.A.C. *Diseño y cálculo de un sistema de climatización de una casa de habitación a base de hidrosesectores solares*. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Ingeniería Electromecánica, 2004.
- HEREDIA, R.C., JOSÉ MARQUEZ. Manual de Instalación,Operación,Mantenimiento y Reparación de sistemas fotovoltaicos autónomos 2001.
- IHOVANY, C. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red 2005.
- J.RICHARD, W. Tecnología y Aplicación de la Energía Solar 2004.

Anexos

Anexo 1

Equipamiento (Inversor MultiPlus Compact, Regulador Solener,)



Anexo 2

Irradiación sobre el panel solar.

