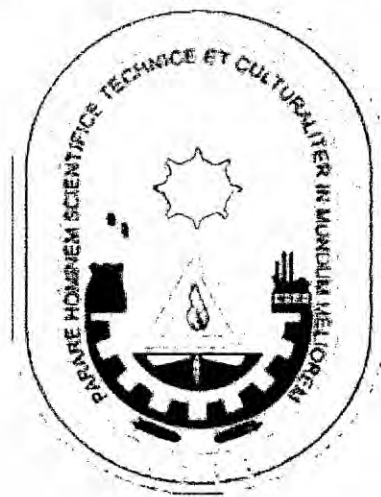


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA.**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica.**



**TESIS**

**TÍTULO: "PANELES FOTOVOLTAICOS, COMO SUMINISTRO  
DE RESPALDO AL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA  
EN LA FIEE DE LA UNAC".**

**AUTOR(es):**

- ✓ **Segovia Chirre, Julio Cesar.**
- ✓ **Palomino Calzada, Felix Franklin.**
- ✓ **Palacios Berrospi, Elvis Deyvis.**

**ASESOR:**

**ING. SANTIAGO LINDER, RUBIÑOS JIMENEZ**

**Bellavista - Callao.**

**2015**

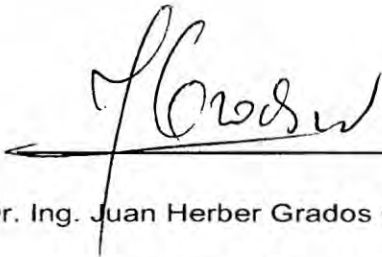
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Santiago Linder, Rubiños Jimenez', is located in the bottom right corner of the page.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA.**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica.**



**TESIS**

**TÍTULO: “PANELES FOTOVOLTAICOS, COMO SUMINISTRO DE  
RESPALDO AL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN LA  
FIEE DE LA UNAC”.**



---

Dr. Ing. Juan Herber Grados Gamarra

Presidente

---

Mg. Ing. César Augusto Santos Mejilla

Secretario

---

Ing. Ernesto Ramos Torres

Vocal

## **DEDICATORIA:**

Dedicamos este trabajo principalmente a dios y nuestros padres por habernos dado la vida y de haber llegado hasta este momento tan importante en nuestra formación profesional y nuestra familia, por ser el motor más importante y por demostrarnos siempre su cariño y apoyo incondicional.

## INDICE

PRÓLOGO	7
RESUMEN.	9
ABSTRACT.	10
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION.	11
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.	11
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	12
1.2.1. Problema Principal.	12
1.2.2. Problemas Secundarios.	12
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.	13
1.3.1. Objetivo General.	13
1.3.2. Objetivos Específicos.	13
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	14
1.4.1. Organizacional o práctica.	14
1.4.2. Economía y socio-política.	14
1.4.3. Metodología.	14
1.4.4. Magnitud.	16
1.4.5. Intelectualidad.	16
1.4.6. Vulnerabilidad.	16
1.5. LIMITACIONES Y FACILIDADES.	16
1.5.1 Limitaciones.	16
1.5.2 Facilidades.	16
1.6. HIPOTESIS.	17
1.6.1. Hipótesis General.	17
1.6.2. Hipótesis Secundarias.	17
II. MARCO TEORICO.	18
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.	18
2.2. FUNDAMENTO TEÓRICO.	18
2.2.1. ELECTRICIDAD A PARTIR DE PANELES FOTO VOLTAICOS.	18
2.2.2. DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.	27

2.2.3.	IMPLEMENTACIÓN DE PANALES FOTOVOLTAICOS.	53
2.2.4.	DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN LA FIEE UNAC.	57
2.2.5.	EQUIPOS FOTOVOLTAICOS DISPONIBLES EN EL MERCADO.	61
2.2.6.	DIMENSIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES Y ESTIMACIÓN DEL PRESUPUESTO.	62
2.3.	<i>DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS.</i>	70
III.	<b>METODOLOGIA.</b>	<b>72</b>
3.1.	<i>RELACIÓN ENTRE VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.</i>	72
3.2.	<i>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.</i>	72
3.3.	<i>TIPO DE INVESTIGACIÓN.</i>	73
3.4.	<i>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.</i>	74
3.5.	<i>ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.</i>	75
3.6.	<i>POBLACIÓN Y MUESTRA.</i>	75
3.6.1.	<i>Población.</i>	75
3.6.2.	<i>Muestra.</i>	75
3.7.	<i>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.</i>	76
3.8.	<i>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.</i>	77
IV.	<b>RESULTADOS.</b>	<b>79</b>
4.1.	<i>Resultados Parciales</i>	79
4.2.	<i>Resultados Finales</i>	80
4.3.	<i>Comentario de cumplimiento de los objetivos de la investigación.</i>	90
4.4.	<i>Verificación y cumplimiento de las hipótesis y variables de la investigación.</i>	91
V.	<b>DISCUSION DE RESULTADOS.</b>	<b>92</b>
5.1.	<i>Discusión del problema de investigación.</i>	92
5.2.	<i>Importancia de los resultados finales en relación a la discusión del problema.</i>	92
VI.	<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>94</b>

<b>VII. RECOMENDACIONES.</b>	<b>95</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>96</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>97</b>

## PRÓLOGO

El desarrollo de la tecnología solar es limpia, barata e inagotable supondrá un enorme beneficio a largo plazo en todo el planeta, aumentará la sostenibilidad, reducirá la contaminación, disminuirá los costos de la mitigación del cambio climático. Según las organizaciones ecologistas la energía solar fotovoltaica podría suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en el año 2030.

Actualmente y gracias a los avances de la tecnología, la sofisticación de la economía de escala, los costos de energía solar fotovoltaica se ha reducido en forma constante, ha aumentado a su vez su eficiencia y ya es competitivo con las fuentes de energía convencionales, estos se han convertido en un problema mundial debido a su escases, para generar la electricidad por ello, es necesario aplicar pronto nuevas tecnologías. Debido a estas exigencias se desarrolló la investigación en la ciudad universitaria del callao que se encuentra ubicada en la provincia Constitucional del callao distrito de Bellavista.

Abastecer el consumo de electricidad de la FIEE-UNAC a través del sistema fotovoltaico es posible. Se estima el nivel de radiación solar promedio en zonas de interés es adecuado, atender a las cargas eléctricas de la facultad.

La universidad especialmente la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica debería contar con modelos de sistemas que generen electricidad a través de fuentes renovables, además estaremos evitando el consumo de la red del concesionario que a su vez son suministrados por la generación de fuentes convencionales que contaminen el ambiente, con nuestro sistema de alguna manera estaremos evitando que se quemen más fuentes fósiles. A demás contar con un sistema de respaldo dentro de la facultad ayudará en elegir la opción más barata para el consumo de la electricidad, todo ello puede ser posible con la instalación de paneles fotovoltaicos en el techo de la facultad.

Los paneles fotovoltaicos tienen una vida útil de 30 años además se fabrican láminas de silicio de espesor menores de 1mm, a pesar de los altos costos de inversión que representan estos sistemas solares fotovoltaicos, muchas veces alejados del presupuesto disponible. Proyectos de este tipo se han

implementado ya en nuestro país y en países vecinos financiados total o parcialmente por un banco o alguna institución internacional. Es por esta razón que parte del proyecto se enfoca a investigar sobre instituciones que brindan ayudas y financiamientos para la instalación de este tipo de sistemas, y que podrían contribuir para concretar la construcción de este sistema.

Ha sido un reto para nosotros poder converger en el desarrollo de este análisis, ya que requiere poner en práctica área de la ingeniería, sin embargo hemos concluido con éxito la elaboración de esta tesis.

En el marco teórico se desarrolló los conocimientos, para el análisis de las tecnologías asociadas al proyecto de manera metodológica siguiendo el lineamiento de la investigación descriptiva de energía eléctrica utilizando la electrónica de potencia, se presentan primero las características principales de un sistema electrónico fotovoltaico, normatividad vigente y diferentes modelos de paneles.

Se presenta la descripción del modelo de un sistema fotovoltaico, así Como los equipos y componentes a ser utilizados.

Se presenta la solución mediante una secuencia metodológica, relación entre las variables y descripción del tipo de investigación.

Se muestra los resultados obtenidos de la investigación, para ello mostramos cuadros comparativos de niveles de satisfacción de calidad de suministro, normativa aplicada y niveles de sobretensión.

Se presenta la contratación de los resultados teóricos con los resultados de la investigación, esto validad para la hipótesis que hemos planteado, para el desarrollo de la solución del problema.

Presenta las conclusiones que se obtuvieron en el desarrollo del presente trabajo, se hace las recomendaciones y futuras mejoras que se pueden aplicar.

Finalmente, se presentan las fuentes bibliográficas de consulta para el desarrollo del presenta trabajo de Investigación, así como los anexos correspondientes.



## RESUMEN.

El objetivo del presente trabajo de investigación corresponde en el momento donde se da exceso de consumo en horas punta en la FIEE-UNAC, es un problema de eficiencia, en tal sentido se ha generado la alternativa de utilizar acumuladores de energía en horas de día, para que estas sean aprovechadas en las horas de noche, y de esta manera descargar el sistema eléctrico conectado a la red del concesionario. Pará ello se va a utilizar dispositivos electrónicos, que permitan este tipo de generación.

La FIEE-UNAC desea adquirir 01 Sistema de Energía Solar para la conexión a RED INTERNA y un Sistema de respaldo para el funcionamiento en horas de la noche, principalmente para el uso de iluminación, cámaras de seguridad y equipos de cómputo.

Se debe tener en cuenta que este análisis es del tipo descriptivo y permitirá generar un aporte para futuras investigaciones.

## ABSTRACT.

The objective of this research corresponds to the time when given excess consumption at peak times in the FIEE - UNAC is a problem of efficiency in this regard has generated the alternative of using energy storage in daylight hours , for these to be exploited in the evening hours , and thus download the network connected to the electrical system of the concessionaire . There for it is to use electronic devices that allow this type of generation.

FIEE - UNAC wishes to acquire Solar Energy System for INTERNAL NETWORK connection and a backup system for operation at night, mainly for the use of lighting, security cameras and computer equipment .

Keep in mind that this is the descriptive analysis and to generate a contribution for future research.

## **I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION.**

### **1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.**

La demanda de la electricidad en la actualidad es considerablemente mayor con respecto a décadas anteriores, en tal sentido el uso de la materia prima convencional utilizada en la generación de la electricidad se incrementó en forma proporcional a la demanda eléctrica, frente a esto se presenta diversas alternativas de generación eléctrica usando como materia prima a los recursos renovables dando parte así a la energía limpia.

Los problemas generados al medio ambiente por el uso de recursos no renovables en la generación eléctrica serán mitigados con el uso de recursos renovables, uno de ellos es a través de paneles fotovoltaicos.

Otro de los problemas son los cortes de energía debido a problemas en las líneas de distribución eléctrica dejando así sin suministro eléctrico a los usuarios; de manera particular nombraremos como usuario a la FIIE de la UNAC, es de conocimiento que las actividades académicas se ven afectadas por la falta de suministro eléctrico, frente a este problema la alternativa es la implementación de un sistema fotovoltaico como un suministro de respaldo, en condiciones normales (suministro eléctrico sin problemas) se puede utilizar el sistema fotovoltaico como un suministro eléctrico continuo de algunas cargas dentro de la FIIE de la UNAC ayudando así a la reducción del consumo de energía convencional y reduciendo los gastos por consumo de la energía eléctrica.

¿Por qué es importante y que beneficios dará la implementación de un sistema fotovoltaico en la FIEE de la UNAC?

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

### **1.2.1. Problema Principal.**

¿De qué manera la aplicación de un sistema de energía solar (paneles fotovoltaicos) contribuiría como suministro de respaldo al método eléctrico de la FIEE-UNAC?

### **1.2.2. Problemas Secundarios.**

- a) ¿En qué medida los paneles Fotovoltaicos serían más convenientes en términos económicos, en relación a los costos de la energía convencional y constituiría un adecuado suministro de respaldo a la FIEE – UNAC?
  
- b) ¿Cómo favorecería los paneles fotovoltaicos en la satisfacción de la demanda nocturna, toda vez que en esas horas la energía convencional llega a su punto más alto, convirtiéndose así en un eficaz suministro de respaldo a la FIEE – UNAC?
  
- c) ¿En qué medida los paneles fotovoltaicos son convenientes para minimizar los efectos negativos de la contaminación de medio ambiente, producido en la generación convencional de la energía eléctrica, coadyuvando así como un efectivo suministro de respaldo a la FIEE – UNAC?
  
- d) ¿Cómo la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, debería sugerir a la más alta autoridad de la Universidad, que este sistema solar paneles fotovoltaicos, se constituya en la realidad como el eficaz suministro de respaldo de la FIEE – UNAC?

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Conocer, evaluar la problemática anotada en relación a la implementación de un sistema solar paneles fotovoltaicos, en la Facultad de Energía Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Callao (UNAC).

Y que se constituya como un suministro de respaldo, en la Facultad en mención, para su mejor utilización en relación a la energía convencional existente actualmente. Para ello utilizaremos las variables de la realidad problemática, a efecto de determinar las conclusiones y recomendaciones de mayor significación para el mejor uso de la energía que requiere nuestra Universidad.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- a) Describir la importancia de los "Paneles Fotovoltaicos", en relación a las diferencias de los costos en términos económicos con la energía convencional, y si estos beneficios constituyen realmente un suministro de respaldo a la FIEE-UNAC en estudio.
- b) Describir el beneficio de la acumulación de energía en las horas del día, para que esta sea usada en el horario nocturno, cuando la energía convencional llega a su tope por el uso de la totalidad de la población. Convirtiéndose así en un adecuado suministro de respaldo a la FIEE-UNAC en términos de energía y costos.
- c) Distinguir la utilidad del empleo del Sistema de Paneles Fotovoltaicos, en reducir los efectos perniciosos del medio ambiente, que sí produce el uso de la energía convencional, constituyéndose así en un verdadero suministro de respaldo a la FIEE-UNAC en estudio.

- d) Anotar la necesidad de parte de la más alta autoridad de la Universidad del Callao, la implementación del Sistema Fotovoltaico, como una alternativa importante en el uso de la energía solar por sus altos beneficios, eficacia y competitividad, entre otros beneficios para la FIEE-UNAC.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

La ejecución del presente trabajo de investigación, se justifica por su:

##### **1.4.1. Organizacional o práctica.**

Los resultados de la investigación serán aplicados en beneficio de la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica de la Universidad Nacional del Callao. Asimismo, para otras universidades e institutos de educación superior, centros de investigación.

También, por el MEM Ministerio de Energía y Minas, el OSINERGMIN Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

##### **1.4.2. Economía y socio-política.**

Se resalta que el proyecto aporta al desarrollo social, ya que tendremos prototipos de fuentes de generación de electricidad a través de paneles solares y que son alternativas limpias con fuentes de energía renovables y el gobierno deberá promover la aplicación de estos sistemas en todo el país.

##### **1.4.3. Metodología.**

Los métodos, las técnicas, estrategias y los instrumentos de medición son muy importantes durante el proceso de investigación que deberán ser de la siguiente manera recopilación de la información primaria y secundaria, inspecciones y toma de datos, instalación de los instrumentos de medición, recopilación de los datos de los

instrumentos y preparación de los expedientes técnicos que indiquen los lineamientos a tomar para el desarrollo del proyecto.

Para realizar el diseño del sistema fotovoltaico es necesario conocer las características y el funcionamiento de los distintos componentes que conforman la instalación aislada, para esto se realizará una investigación de fuentes bibliográficas y páginas de Internet, con la finalidad de comprender los aspectos básicos de la generación de electricidad a partir de celdas solares y los principios de funcionamiento de éstas y de los paneles, reguladores de carga, inversores y demás equipos que conforman el sistema. La investigación abarcará además las técnicas de diseño que se emplean actualmente para la de proyectos de este tipo. Como un complemento en la etapa de diseño del sistema, se espera realizar consultas a profesionales con experiencia en el tratamiento de este tipo de tecnologías, que puedan brindar una visión realista de los principales aspectos de la generación eléctrica a partir de sistemas fotovoltaicos en la actualidad.

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, 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).

#### **1.4.4. Magnitud.**

En cuanto a la extensión geográfica donde se desarrollara en la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica de la universidad nacional del callao y sus elementos son susceptibles de ser medidos es de una menor magnitud.

#### **1.4.5. Intelectualidad.**

Para nosotros es importante desarrollar esta investigación sobre todo ayudara a formarnos como profesionales y aplicar todo nuestros conocimientos obtenidos en la universidad.

#### **1.4.6. Vulnerabilidad.**

El problema de investigación es vulnerable porque es posible conocer la realidad actual del sistema eléctrico del UNAC y se puede demostrar la operación mediante una simulación en programas y así podemos probar nuestra hipótesis, nosotros tenemos y estamos capacitados para desarrollar proyectos de investigación por los cursos llevados y con la ayuda de nuestro asesor.

### **1.5. LIMITACIONES Y FACILIDADES.**

#### **1.5.1 Limitaciones.**

Poca acogida para la instalación de sistemas de generación con tecnología electrónica.

La escasa existencia de tecnologías desarrolladas en Perú.

El poco conocimiento de las ventajas de la generación solar.

#### **1.5.2 Facilidades.**

Se encontró proyectos relacionados al tema en el entorno nacional e internacional.

Se contó con un asesor preparado para este tema de análisis, que nos ha servido de apoyo para las diferentes consultas que surgieron en el desarrollo de la investigación.

Se encontró una amplia bibliografía referente al tema de generación electrónica de paneles solares.



Se contó con disponibilidad de los ambientes de la FIEE para reunirnos y desarrollar esta investigación.

## **1.6. HIPOTESIS.**

### **1.6.1. Hipótesis General.**

Si el sistema de energía solar Paneles Fotovoltaicos son coherentes, entonces inciden favorablemente en la constitución de un Suministro de Respaldo a la FIEE –UNAC, en estudio.

### **1.6.2. Hipótesis Secundarias.**

- 1) La implementación del Sistema Fotovoltaico como una alternativa para el mejor uso de la energía es importante, sobre todo actualmente con los adelantos de la electricidad y la electrónica, los costos se han reducido, constituyendo así un positivo Suministro de Respaldo a la FIEE, como a la universidad en su conjunto.
- 2) El uso de paneles fotovoltaicos en horarios nocturnos, es de gran utilidad, toda vez que estaría disponible a cualquier contingencia de falta de energía convencional, como a otros beneficios anotados, respondiendo así a un importante suministro de respaldo para la FIEE-UNAC.
- 3) La eficacia de los paneles fotovoltaicos, gracias a su tecnología didáctica electrónica, reducen sustancialmente los efectos invernaderos de la contaminación ambiental, a diferencia de la generación convencional de la energía eléctrica generada convencionalmente, constituyen un verdadero suministro de respaldo para la FIEE-UNAC, en estudio.
- 4) La Ley General del Ambiente N° 28611 del 15-10-2005, anota que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir, a estudiar en ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, en consecuencia la Universidad del Callao, debe considerar en su planificación estratégica la implementación de los paneles fotovoltaicos como un suministro de reemplazo para la FIEE-UNAC en su conjunto.

## **II. MARCO TEORICO.**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.**

La fundamentación teórica de esta investigación, se basa en los continuos avances en cuanto a la obtención (generación) de energía eléctrica limpia, como mitigación a la contaminación ambiental producida por la generación convencional de la energía eléctrica.

Actualmente en nuestro país se percibe el incremento de la utilización de los sistemas fotovoltaicos en diversos rubros (domestico, industrial, comercial), contamos con las centrales de la Joya y Majes en Arequipa, la central ubicada en las pampas del campo de Alianza en Tacna, son alguno de los proyectos solares actuales en el Perú.

A nivel de utilización contamos con diversas aplicaciones, desde sistemas fotovoltaicos implementados para calentar agua hasta el suministro total de la demanda a ser utilizado en hogares, tiendas comerciales pequeñas, etc.

Para el desarrollo de nuestra investigación, tomamos como punto de partida el proyecto titulado **“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE ENERGÍA SOLAR PARA SAGA FALABELLA, OPEN PLAZA”**, tesis realizada por los colegas de la escuela de profesional de **“INGENIERIA ELECTRÓNICA DE LA UNAC”**.

### **2.2. FUNDAMENTO TEÓRICO.**

#### **2.2.1. ELECTRICIDAD A PARTIR DE PANELES FOTO VOLTAICOS.**

##### **2.2.1.1.CELDA SOLAR.**

La conversión directa de la luz solar en energía eléctrica se consigue mediante las celdas solares, por un proceso llamado efecto fotovoltaico (FV). Para comprender este efecto, se considera a continuación la forma en que se construyen las celdas solares y los procesos internos que permiten la generación de una corriente eléctrica a partir de la radiación solar incidente sobre dichas celdas.

La celda solar posee una estructura similar a la de un diodo, y como tal, los principales componentes que conforman su estructura interna son los materiales semiconductores. Están compuestas básicamente por una capa de semiconductor tipo N y otra capa de semiconductor tipo P.

Los materiales en general pueden clasificarse en conductores, aislantes y semiconductores, de acuerdo con su conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica indica el grado de movilidad que presentan los electrones dentro de una sustancia específica.

Los electrones que pueden generar una corriente eléctrica en un material son los que se encuentran en las órbitas exteriores o banda de valencia de los átomos, que tienen menor fuerza de atracción por parte del núcleo y pueden ser liberados de la misma al aplicar una diferencia de potencial al material. Para ser liberado de la fuerza de atracción del núcleo del átomo, la energía suministrada al electrón por el campo eléctrico generado por una diferencia de potencial, deberá ser suficiente para que este salte de la banda de valencia sobre la llamada banda prohibida, hacia la banda de conducción. La figura 1 (Muestra la disposición de estas bandas en materiales conductores, aislantes y semiconductores).

En materiales conductores las bandas de valencia y de conducción se traslapan por lo que los electrones de la banda externa de valencia tienen mucha movilidad, y pueden saltar de átomo a átomo, aún a la temperatura ambiente. El valor de la conductividad (inversa de la resistividad) es elevado en estos materiales. En materiales aislantes, aun cuando se apliquen voltajes elevados a la estructura del material, la fuerza que se ejerce sobre los electrones de la órbita externa no es suficiente para permitir que estos atraviesen la banda prohibida y puedan establecer una corriente.

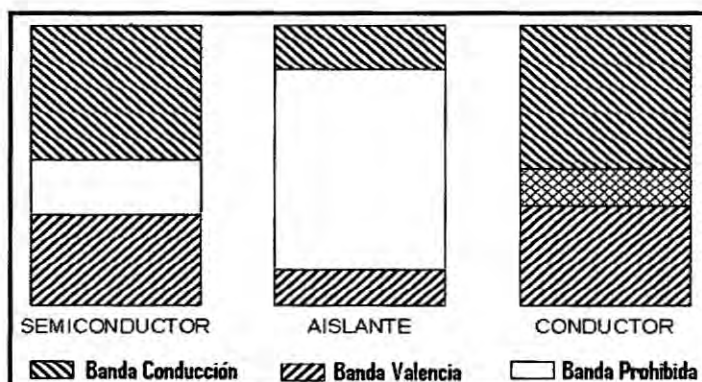


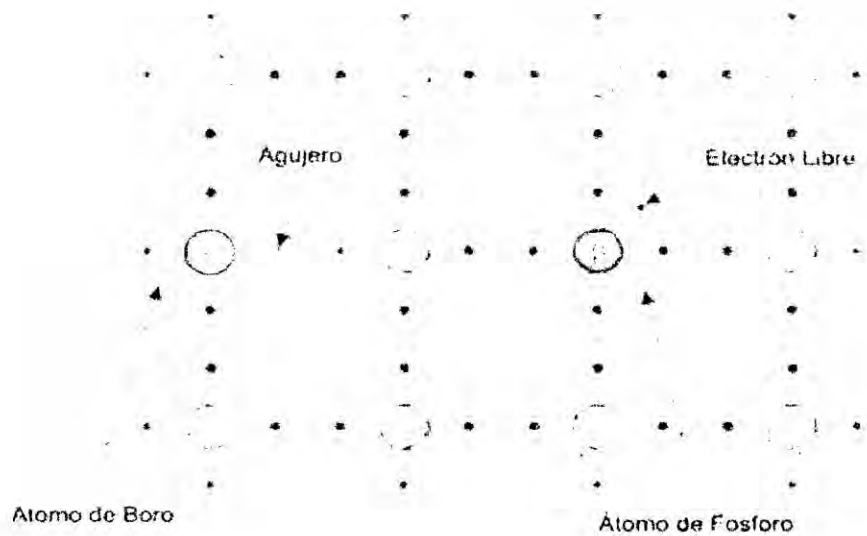
Figura 1: Bandas de Energía en los materiales  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Fisica\\_del\\_estado\\_sólido](https://es.wikipedia.org/wiki/Fisica_del_estado_sólido)

Los materiales semiconductores presentan características intermedias entre conductores y aislantes, el nivel de energía necesario para que los electrones crucen la banda prohibida en estas sustancias es mayor que el necesario en un conductor pero no tan elevado como en el caso de un aislante. El salto de energía entre una banda y otra en un semiconductor es pequeño, por lo que suministrando energía pueden conducir la electricidad y su conductividad puede regularse, puesto que basta disminuir la energía aportada para que sea menor el número de electrones que salte a la banda de conducción; cosa que no puede hacerse con los metales, cuya conductividad es constante o poco variable con la temperatura.

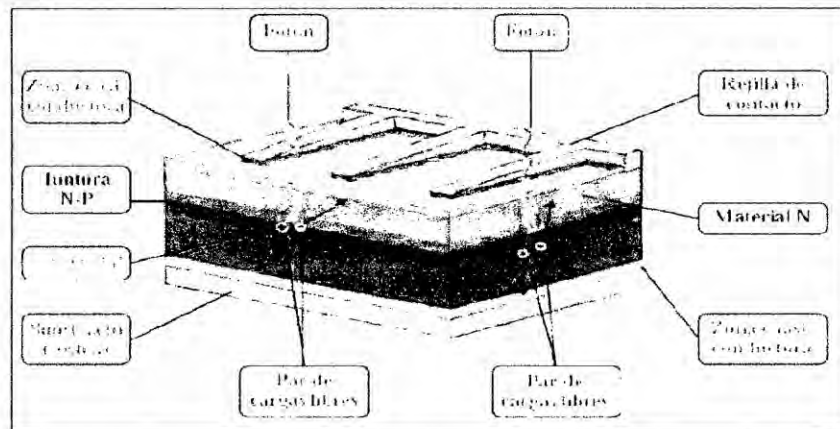
Se puede conseguir un efecto de conversión fotovoltaica en todos los semiconductores; aunque los semiconductores más aptos para la conversión de luz solar son los más sensibles, es decir, aquellos que dan el mayor producto de corriente-voltaje luz visible (la mayor cantidad de energía transmitida por los rayos solares está en las partes visibles del espectro).

El silicio es el más importante material semiconductor para la conversión fotovoltaica de energía solar. En su forma cristalina pura, este material presenta pocas cargas libres en su interior y una resistividad alta. Mediante un proceso llamado difusión se puede introducir pequeñas cantidades de otros elementos químicos, que permiten decrecer el valor inicial de resistividad y crear simultáneamente una región tipo P y una región tipo N, de modo de que se produce una unión P-N.

Un átomo del silicio tiene 4 electrones de valencia, que enlazan a los átomos adyacentes. Substituyendo un átomo del silicio por un átomo que tenga 3 o 5 electrones de la valencia producirá un espacio sin un electrón (un agujero), o un electrón extra que pueda moverse más libremente que los otros. La creación de agujeros, es alcanzada mediante la incorporación en el silicio de átomos con 3 electrones de valencia, generalmente se utiliza boro. La creación de electrones adicionales es alcanzada incorporando un átomo con 5 de valencia, generalmente fósforo. Este proceso de dopado puede visualizarse en la figura 2.



En la figura 3 se observa un diagrama de la forma en que se construyen generalmente las celdas solares.



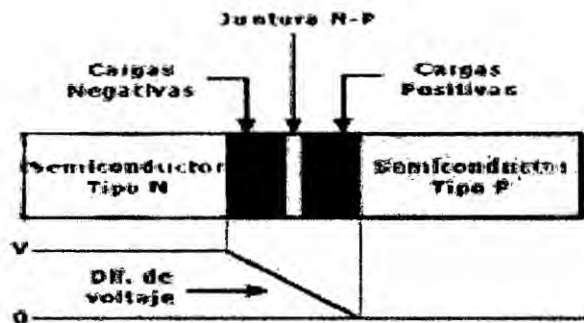
Se observa que los principales componentes de la celda PV son las capas adyacentes de materiales semiconductores tipo P y tipo N que se unen en una zona denominada juntura.

Las cargas mayoritarias en cada semiconductor (electrones de un lado y hoyos del otro) no permanecen inmóviles al realizar la juntura, sino que se desplazan hacia la zona adyacente, donde la concentración es baja. Este desplazamiento de cargas acumula cargas positivas en la zona N y negativas en la zona P, creando una diferencia de potencial en la juntura, la que establece a su

vez un campo eléctrico en esta zona. El proceso migratorio de las cargas continúa hasta que se alcanza un estado de equilibrio, tal como se muestra en la figura 4.

Cuando la luz solar que incide sobre la zona adyacente a la juntura tiene el espectro y nivel de energía requerido por el material, las cargas eléctricas creadas por la luz mediante el efecto fotoconductor serán separadas por la por la barrera en cargas positivas en un lado y cargas negativas en el otro, creando una diferencia de potencial entre ambas.

Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo que permite producir trabajo útil.



El voltaje generado en la juntura depende del semiconductor empleado. Para las células de silicio este valor es alrededor de 0,5 V. Como en la unión p-n se genera un campo eléctrico fijo, el voltaje de una celda FV es de corriente continua. La potencia eléctrica generada por la celda FV en un determinado instante, está dado por los valores instantáneos del voltaje y la corriente de salida. El valor de la corriente dependerá del valor de la carga, la irradiación solar, la superficie de la celda y el valor de su resistencia interna.

La superficie del material semiconductor expuesta a la luz tiende a reflejar hasta el 30% de la luz incidente, lo que reduce la eficiencia de conversión de la celda. Para disminuir esta reflectancia, sobre la superficie de la celda se coloca una película de material anti reflectante.

### 2.2.1.2. TIPOS DE CELDAS SOLARES.

Las celdas solares de silicio se elaboran utilizando planchas mono cristalinas, planchas poli cristalinas o láminas delgadas. Se unen capas de silicio tipo P y silicio tipo N, a través de una capa de barrera, que es esencial para el efecto fotovoltaico.

**Las planchas mono cristalinas** se cortan de un lingote mono cristalino que se desarrolla a aproximadamente 1400°C, lo que resulta en un proceso muy costoso. El silicio debe ser de una pureza muy elevada y tener una estructura cristalina casi perfecta.

**Las planchas poli cristalinas** se realizan por un proceso de moldeo en el cual el silicio fundido es vertido en un molde y se lo deja asentar. Entonces se rebana en planchas. Como las planchas poli cristalinas son hechas por moldeo implican menores costos de producción, pero no son tan eficientes como las celdas mono cristalinas. El rendimiento más bajo se debe a las imperfecciones en la estructura cristalina, resultado del proceso de moldeo.

El otro tipo corresponde a las **células amorfas**. Como su nombre lo indica, estas células no poseen una estructura cristalina. Precisamente esa simplificación en la estructura conduce a un abaratamiento drástico de las mismas.

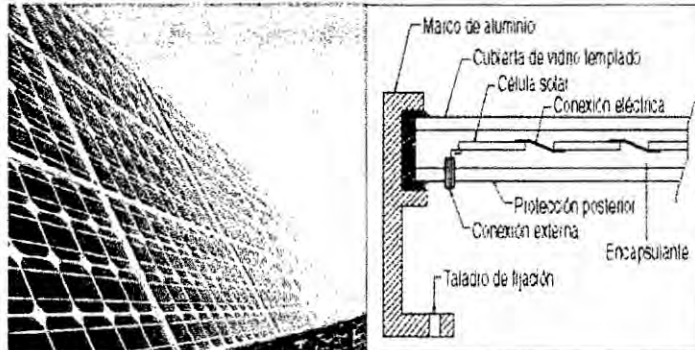
Es un hecho que cuando más se aleja la técnica de fabricación de una célula FV de la estructura cristalina pura, más defectos estructurales aparecerán en la sustancia.

Otro tipo de celda existente en el mercado considera el hecho de que en el semiconductor empleado en la construcción de la misma, se generan cargas libres a partir de solo una parte del espectro luminoso (aquella cuya frecuencia y energía es igual o mayor a la energía de función de trabajo  $\phi$  del material de la celda). Es por esto que algunas celdas solares se diseñan con multi junturas. Es decir, un conjunto de celdas individuales de distintos materiales, con una sola juntura, que se apilan de forma que la primera celda captura los fotones de alta energía y deja pasar el resto, para que sean absorbidos por las demás células que requieren niveles de energía más bajos. Esto permite aumentar la eficiencia de conversión pero aumenta los costos de producción.

### 2.2.1.3. PANELES SOLARES POR EFECTO FOTOVOLTAICO.

Los módulos o paneles solares fotovoltaicos están conformados por un grupo de celdas solares interconectadas entre sí y protegidas contra la intemperie, impactos y corrosión.

En la figura 5 se muestra el aspecto físico de un grupo de paneles solares y sus partes principales.



Como se observa, el conjunto de células está cubierto por elementos que le confieren protección frente a los agentes externos y rigidez para acoplarse a las estructuras que los soportan. Los principales elementos que lo conforman son los siguientes:

**Encapsulante:** Material que protege las celdas dentro del panel, debe presentar un índice elevado de transmisión de la radiación y baja degradación por efecto de los rayos solares.

**Cubierta exterior de vidrio templado:** Permite que el panel resista condiciones climatológicas adversas y maximiza la transmisión luminosa, debe soportar cambios bruscos de temperatura.

**Cubierta posterior:** Constituida normalmente por varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre las células, haciendo que vuelva a incidir otra vez sobre éstas.

**Marco de metal:** Se construye generalmente de aluminio lo que asegura rigidez y estanqueidad al conjunto. En él se encuentran mecanismos que permiten el montaje del panel sobre la estructura de soporte.



Caja de terminales: Incorpora los bornes para la conexión del módulo.

Diodo de protección: Impide daños por sombras parciales en la superficie del Panel.

El voltaje de los paneles depende del número de celdas solares que se conecten en serie y de la estructura cristalina del semiconductor usado. Los voltajes nominales son en general 12 o 24 V DC. La vida útil de un panel solar fotovoltaico se considera que es entre 25-30 años y la eficiencia de dichos módulos se encuentra generalmente entre 9 y 15%.

La potencia nominal de los módulos indica la cantidad de energía que genera bajo condiciones nominales. Es decir, un módulo de 80 W de potencia nominal produce 80 Wh si durante una hora recibe la cantidad de radiación para la que fue diseñado. De forma que la potencia generada por el panel puede ser menor que la potencia nominal para condiciones de poca radiación solar.

El valor de corriente y voltaje necesarios a para una aplicación específica se obtiene conectando paneles en paralelo o en serie.

El método de fabricación de las celdas solares determina, en gran parte, la forma geométrica de las mismas. Las primeras versiones eran redondas, versiones más recientes tienen forma cuadrada, o casi cuadrada, donde las esquinas tienen vértices a 45°. La forma cuadrada permite un mayor compactado de las mismas dentro del panel FV, disminuyendo la superficie que se necesita para colocar un determinado número de células.

En la tabla 1 se muestran los valores de eficiencia y los costos promedio de los tres tipos principales de paneles fotovoltaicos que se encuentran en el mercado.

Tipo de panel	Eficiencia (%)		Costo(\$./W)
	Máxima	Comercial	
Monocristalino	25	16	6
Policristalino	20	14	5
Amorfo.	13	8	4

Tabla 1: Eficiencia y Costo de los Paneles Solares FV

#### 2.2.1.4. ORIENTACIÓN DE LOS MÓDULOS.

Los módulos fotovoltaicos se colocan generalmente sobre los tejados o en patios. Un aspecto fundamental es cerciorarse de que ningún objeto proyecte su sombra sobre el los módulos, al menos en las horas centrales del día.

La orientación de los módulos se define a partir de dos ángulos principales:

- a) Ángulo azimutal de la superficie ( $\delta$ ):

Ángulo entre la proyección de la normal a la superficie en el punto horizontal y la dirección sur-norte (para localizaciones en el hemisferio norte) o norte-sur (para localizaciones en el hemisferio sur).

- b) Inclinación ( $\beta$ ):

Ángulo entre el plano de la superficie a considerar y la horizontal.

La máxima captación en los colectores solares con estructura y orientación fija, se logra colocando los módulo dirigidos hacia el Sur en el caso de una región en el hemisferio Norte, y hacia el Norte en el caso de ubicaciones en el hemisferio Sur ( $\delta = 0^\circ$ ). Esta configuración permite balancear las posibilidades de captación entre la mañana y la tarde si se suponen características similares de irradiación. Aunque una variación de hasta  $30^\circ$  en el azimutal puede provocar variaciones mínimas de alrededor de 1%. Con dicha orientación ( $\delta = 0^\circ$ ), la máxima captación en promedio anual se obtiene inclinando los paneles un ángulo igual a la latitud de la región en que se instalan. Las variaciones en la inclinación de  $\pm 15^\circ$  respecto al ángulo óptimo produce una reducción aproximada del 2,5% en la capacidad de captación del panel.

Si se desea maximizar la captación de energía en las mañanas, el panel deberá orientarse al Este ( $\delta \approx -75^\circ$ ) con una inclinación mayor de la acostumbrada (mayor que la latitud). En lugares en que existe asimetría de radiación solar en las mañanas y en las tardes, por ejemplo por el aumento de nubosidad en las tardes, provocan que el máximo de

captación, no se logre con azimutal =  $0^\circ$ , sino con una orientación ligeramente hacia es Este.

En cualquier caso es recomendable una inclinación mayor de  $10^\circ$ , para que el agua de lluvia pueda circular adecuadamente sobre el panel. Si se asumen algunas pérdidas, en muchos casos pequeñas, se tiene un abanico más amplio de posibilidades de orientación, lo que puede facilitar la instalación y mantenimiento de los módulos. Pero siempre debe buscarse que la orientación sea lo más cercana a la orientación que maximiza la captación anual ( $\delta = 0^\circ$ ,  $\beta = \text{latitud} > 10^\circ$ ).

## **2.2.2. DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.**

Se describen a continuación los principales componentes de un sistema fotovoltaico, sus funciones, así como las principales especificaciones que se deben tener en cuenta para realizar y escoger los componentes que permitan un funcionamiento eficiente y confiable de dicho sistema.

### **2.2.2.1. PANELES FOTOVOLTAICO.**

Se compone de uno o más módulos fotovoltaicos interconectados para conformar una unidad generadora de corriente continua. Los módulos FV deberán, preferiblemente estar certificados de acuerdo con la norma internacional IEC-61215, IEC 61646, IEC 61730/EN 61730, IEC 60364-4-41, IEC 62108 y IEC 61701.

Los fallos que se presentan generalmente en sistemas FV no se asocian al generador, sino a los otros componentes del sistema (baterías, regulador, etc.). Por lo que se considera que este es uno de los componentes de más alta fiabilidad. En algunos módulos, los fabricantes incluyen diodos de paso para protegerlos contra el fenómeno de "punto caliente". La probabilidad de que un módulo FV sea dañado por este fenómeno es despreciable en sistemas CC de menos de 24V, por lo que el uso de tales diodos es irrelevante en esos casos.

Es preferible la instalación de los módulos FV sobre pedestales o paredes, que hacerlo sobre los tejados. Los montajes sobre pedestal o sobre pared generalmente permiten más fácil acceso a los módulos, sin poner en riesgo la estanqueidad del techo, y este

tipo de instalación puede representar un grado de libertad adicional cuando se buscan localizaciones sin sombras para el panel fotovoltaico. Los montajes sobre tejados a veces permiten reducir costos y por lo tanto, también pueden ser aceptados, a condición de dejar un espacio entre el techo y los módulos para que circule aire.

Los módulos fotovoltaicos con la misma tensión nominal pueden conectarse en Paralelo sin ninguna restricción, por lo tanto cuando se agranda un generador fotovoltaico sólo es necesario verificar la sección de los cables y la capacidad del regulador para manejar el nuevo valor de la corriente máxima.

### 2.2.2.2. DIMENSIONADO DE LOS PANELES.

El tamaño del panel fotovoltaico debe asegurar que la energía producida durante el peor mes, pueda, como mínimo, igualar a la demandada por la carga. Por lo que para dimensionar tanto los módulos como las baterías de un sistema FV, es necesario conocer las cargas a conectar, la potencia nominal de cada una (P), el número de aparatos de determinado tipo (n) y las horas diarias de funcionamiento (t). El consumo diario (Cd), medido en Wh/día, para cada tipo de carga se calcula entonces de la siguiente forma.

$$C_d = Pnt \dots\dots\dots (1)$$

La suma de los consumos diarios de todas las cargas, calculados a partir de la Ecuación (1), constituye el consumo energético teórico (Et) en Wh. A partir de este valor debe calcularse el consumo energético real, (E) en Wh, que considera los diversos factores de pérdida en la instalación FV de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$E = \frac{\Sigma E_t}{R} \dots\dots\dots (2)$$

Donde el parámetro R es el rendimiento global de la instalación fotovoltaica, y está definido como:

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) \left(1 - \frac{k_a N}{P_d}\right) \dots\dots\dots (3)$$

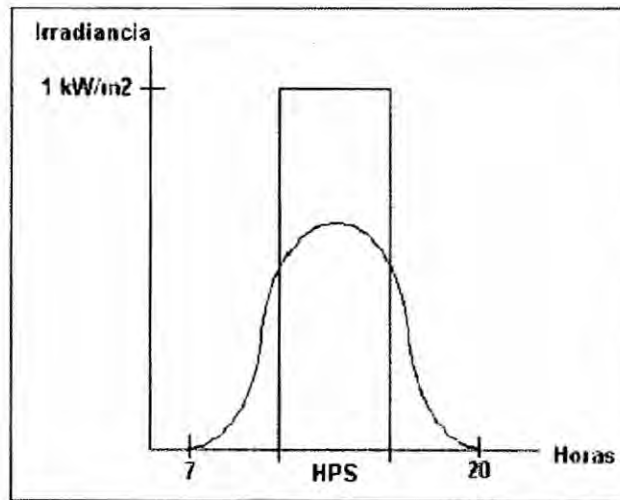
Donde:

- ✓ kb: Coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador:  
0,05(en sistemas que no se producen descargas intensas)  
0,1 (en sistemas con descargas profundas).
- ✓ kc: Coeficiente de pérdidas en el inversor:  
0,005 (para inversores de salida senoidal pura, en condiciones óptimas).  
0,1 (para condiciones de trabajo lejos de las óptimas).
- ✓ kv: Coeficiente de pérdidas varias (transmisión, efecto Joule, etc.): El intervalo de valores de este parámetro que se toma como referencia es (0,05 < kv < 0,15).
- ✓ ka: Coeficiente de auto descarga diaria de las baterías, los valores típicos son: 0,002 para baterías de baja auto descarga (Ni-Cd) 0,005 para baterías estacionarias de plomo ácido (las más usuales) 0,012 para baterías de alta auto descarga (SLI).
- ✓ N: Días de autonomía de la instalación: 4-10 días como valores de referencia
- ✓ Pd: Profundidad de descarga diaria de la batería: No deberá exceder el 80% de la capacidad nominal del acumulador.

Ahora, es necesario conocer la radiación solar diaria (H), medida en Wh/m<sup>2</sup>/día para cada mes del año en función de la localización geográfica e inclinación de los paneles y en base a datos estadísticos históricos de la zona.

Un concepto importante necesario para realizar el dimensionamiento de la cantidad de paneles necesarios en la instalación es el **número de horas pico solares, HPS**, que se refiere al número de horas diarias de luz solar equivalentes referidas a una irradiancia constante  $I=1\text{kWh/m}^2$ , a la cual se mide siempre la potencia de los paneles. Este un método para estandarizar la curva diaria de irradiancia solar, tal como se muestra en la figura 6.

El área del rectángulo, definida a partir de las horas pico solares, es igual al área bajo la curva horaria de irradiancia real.



La irradiación  $H$  ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ ), es igual al producto de la irradiancia de referencia,  $I$ , y las horas pico solares,  $HPS$ . Como  $I=1\text{kWh}/\text{m}^2$ , se tiene entonces que los valores numéricos de la irradiación y las horas pico solares son iguales.

$$H \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right] = I \left[ \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right] HPS[h] \dots \dots \dots (4)$$

La cantidad de energía producida por un panel a lo largo de todo el día, es equivalente a la energía que se produciría en las horas de pico solar si el panel opera a su potencia máxima o nominal ( $W_p$ ). Dicha potencia es el principal parámetro que describe el funcionamiento del panel y la especificación más importante en el dimensionamiento del panel FV.

El número de paneles necesario ( $N_p$ ) se calcula empleando el número de horas pico solares del peor mes del año y la potencia pico del panel escogido:

$$N_p = \frac{E}{0,9W_p(HPS)} \dots \dots \dots (5)$$

**Pérdidas** Las principales pérdidas que pueden generarse en el sistema fotovoltaico son debidas a sombras, temperatura de las celdas superior a los  $25^\circ\text{C}$ , elementos desparejos, pérdidas en

cables, o diferencias significativas entre el voltaje de operación y el del punto de máxima potencia.

Estas pérdidas pueden compensarse inicialmente mediante una instalación cuidadosa, que permita una adecuada ventilación de los módulos y cables. Debe buscarse además, que las características eléctricas de los módulos empleados permitan una adecuada recarga de las baterías en las condiciones climáticas particulares del lugar en que se instalan.

Con el fin de disminuir las pérdidas, deben considerarse los siguientes requerimientos:

El sistema fotovoltaico debe estar totalmente libre de sombras durante por lo menos 8 horas diarias, centradas al mediodía, y a lo largo de todo el año.

La tensión del punto de máxima potencia del sistema fotovoltaico, a una temperatura ambiente igual a la máxima anual del lugar y a una irradiancia de 800 W/m<sup>2</sup>, debe estar comprendido en el rango de 14,5 a 15 V.

Este último requisito, asegura que la corriente del sistema por FV sea mayor que la corriente en el punto de máxima potencia la mayor parte del tiempo; siempre que se cumplan los requisitos sobre las caídas de tensión en los cables y en el regulador de carga. Si el rango de voltajes de operación del generador se encuentra generalmente por debajo de estos límites, es posible que las baterías no se recarguen adecuadamente.

### **2.2.2.3. ESTRUCTURA DE SOPORTE MECÁNICA PARA LOS PANELES.**

Pueden emplearse diversos materiales para tales estructuras: aluminio, acero inoxidable, hierro galvanizado o madera tratada, entre otros.

La estructura de soporte debe ser capaz de resistir un mínimo de 10 años expuesta a la intemperie, sin que la corrosión o fatiga del material sea apreciable. Debe también soportar vientos de altas velocidades (80 km/h).

Los módulos fotovoltaicos con marco deben fijarse a la estructura únicamente mediante elementos de acero inoxidable.

Las estructuras de soporte estáticas son generalmente preferibles a las de seguimiento.

El diseño de la estructuras de soporte debe facilitar la limpieza de los módulos fotovoltaicos y la inspección de las cajas de conexión.

El montaje de dichas estructuras debe preservar su resistencia a la fatiga, corrosión y efectos del viento.

#### **2.2.2.4. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO.**

El sistema de almacenamiento en un sistema fotovoltaico está formado por un conjunto de baterías, generalmente de plomo-ácido, que almacenan la energía eléctrica generada durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación.

Una de las características más importante de un batería en una instalación fotovoltaica es el ciclado. El ciclado diario se refiere a que la batería se carga en el día y se descarga en la noche. Superpuesto a este ciclo diario está el ciclo estacional que se asocia a periodos de reducida incidencia de radiación. Estos ciclos conjuntamente con otros parámetros de operación como temperatura ambiente, corriente, etc.; inciden sobre la vida útil de la batería y sus requisitos mantenimiento.

Para alargar la vida de las baterías deben evitarse las siguientes situaciones:

Elevada tensión de carga, que elevan la corrosión y pérdida de agua.

- ✓ Bajos voltajes en descarga.
- ✓ Descargas profundas.
- ✓ Largos periodos sin recarga total.
- ✓ Elevadas temperaturas, que aceleran los procesos de envejecimiento.
- ✓ Estratificación del electrolito.
- ✓ Bajas corrientes de carga.

Estas recomendaciones conducen a especificaciones para el dimensionamiento tanto de las baterías como el sistema FV y el regulador de carga. Algunas de estas recomendaciones son contradictorias, por lo que deben buscarse soluciones de compromiso que tomen en consideración las condiciones locales, como los niveles de radiación solar, precios e impuestos de las baterías y paneles FV, equipos de fabricación local, etc.



Los principales parámetros que definen el funcionamiento de una batería en un sistema FV son:

- ✓ El máximo valor de corriente que puede entregar a una carga fija, en forma continua, durante un número específico de horas de descarga.
- ✓ Capacidad de almacenamiento de energía.
- ✓ Profundidad de descarga máxima.
- ✓ La vida útil.

Con la finalidad de poder comparar distintos tipos de baterías, la prueba que determina la corriente de descarga máxima se ha estandarizado en la industria.

La corriente máxima corresponde al valor de corriente que permite una descarga continua de 20 horas, al cabo de la cual la energía remanente representa el 20% de la potencia máxima inicial.

Debido a que los parámetros utilizados en la prueba son corriente y tiempo, la Capacidad de la batería se define en Ampere-horas (Ah). A partir de este valor puede determinarse la corriente máxima para un determinado régimen de descarga.

Debido a la necesidad de evitar descargas excesivas, debe limitarse la máxima profundidad de descarga (PDmax) a un valor específico, generalmente está entre 0,3 y 0,6 de la capacidad nominal. Al alcanzar este límite debe interrumpirse el suministro de energía a las cargas. La capacidad disponible  $C_u$ , es menor que la capacidad nominal  $C_b$  (carga total que podría extraerse de la batería). Y se tiene que

$$C_u = C_b P d_{max} \dots \dots \dots (6)$$

- ✓  $C_u$ : La capacidad disponible.
- ✓  $C_b$ : La capacidad nominal.
- ✓  $Pd_{max}$ : profundidad de descarga (entre 0,3 y 0,6).
- ✓ La profundidad de descarga de la batería en un ciclo diario se denomina PDD.

### 2.2.2.5. TIPOS DE BATERÍAS.

#### a) SLI.

Las baterías para automóviles, referidas como SLI (Starting, Lighting, Ignition),

Presentan algunas otras ventajas. Son las baterías más baratas cuando se las compara en términos de capacidad nominal, generalmente se producen localmente y están ampliamente disponibles en todos los mercados. La producción local presenta ventajas por razones económicas y sociales, y además porque representa la posibilidad para el reciclado de las baterías usadas, lo que evita problemas ambientales. El principal inconveniente de esta batería es su relativamente corta vida. Debido a que el diseño de los vasos se optimiza para entregar altas corrientes durante periodos cortos de tiempo, ya que necesita asegurar el arranque del vehículo cuando la temperatura ambiente es baja (disminuye la actividad química), tienen grandes áreas y placas delgadas, y están poco adaptados para suministrar corrientes bajas durante largos periodos de tiempo antes de recargarlos de nuevo, como se requiere en los sistemas de generación FV. Este tipo de baterías debe entregar una corriente pico cercana a los 1000 A durante un periodo de alrededor de tres segundos, pero tiene asegurada una recarga inmediata que continúa mientras el automóvil permanezca encendido, por lo que los regímenes de carga son totalmente distintos.

Por lo tanto, es necesario utilizar baterías de capacidad más grande,  $PDd \leq 0,1$ , y densidad del electrolito menor a la que se utilizaría normalmente (por ejemplo, 1,24 en lugar de 1,28 g/cl). Esto es necesario para reducir la corrosión y prolongar así la vida de las baterías. El aumento de resistencia interna de la batería, que se genera mediante estas prácticas, no representa ningún problema en el funcionamiento del sistema FV, porque los regímenes de carga y descarga son relativamente bajos en comparación con los regímenes a que se somete la batería generalmente. Las baterías SLI clásicas utilizan aleaciones de plomo y antimonio en las rejillas, y requieren ser frecuentemente rellenadas con agua destilada. Las celdas de las baterías solares tienen una mayor cantidad de material activo por unidad de volumen para alargar la vida útil de las mismas. Este incremento en la cantidad de material activo explica el aumento en el costo de las baterías diseñadas para uso solar.

**b) SLI modificada.**

Existe un procedimiento mediante el cual se varían algunas características del diseño de la batería SLI, permitiendo alargar la vida útil de la misma sin alterar su funcionamiento. Las modificaciones más comunes son: introducir placas más gruesas y una mayor cantidad de electrolito en el espacio sobre las placas. Este tipo de baterías se conoce como SLI modificada y se encuentran en los mercados a veces con el nombre de baterías solares. Este tipo de batería representa una alternativa importante en el diseño de sistemas FV y su empleo, siempre que sea posible, debe preferirse en lugar de baterías SLI convencionales.

**c) SLI bajo mantenimiento.**

Otro tipo de baterías SLI son las llamadas de bajo mantenimiento, comercializadas a veces como baterías libres de mantenimiento, que emplean aleaciones de plomo y calcio en las rejillas. El calcio aumenta el voltaje a que se inicia el gaseo, reduciendo la cantidad de agua que consume la batería, pero reduce la cohesión del material activo de las placas y la resistencia al ciclado de la batería. Este tipo de baterías son muy vulnerables a los daños por descargas profundas, y están sujetas a deterioro por variaciones en la temperatura. Por estas razones muchos diseñadores de sistemas fotovoltaicos recomiendan no utilizarlas en aplicaciones FV en países cálidos.

**d) VRLA:**

Otra clase de baterías del tipo "libres de mantenimiento", son las referidas como VRLA (Valve Regulated Lead Acid) para aplicaciones profesionales utilizando electrolito gelatinoso. En estas baterías los gases generados durante el ciclado pueden ser parcial o totalmente recombinados, lo que permite que la caja de la batería sea hermética lo que las hace más resistentes a las descargas profundas. El grado de recombinación depende de la actividad química en el electrolito (valor de corriente). Este tipo de baterías posee una válvula de seguridad que funciona como un cortocircuito externo en condiciones de emergencia, de ahí su nombre. El precio de este tipo de baterías es elevado en comparación con las SLI, pero en los últimos años ha aumentado su uso debido a las numerosas ventajas que ofrece en sistemas FV, por lo que su disponibilidad en el mercado ha aumentado notablemente.

Otra clase de baterías del tipo "libres de mantenimiento", son las referidas como VRLA (Valve Regulated Lead Acid) para aplicaciones profesionales utilizando electrolito gelatinoso. En estas baterías los gases generados durante el ciclado pueden ser parcial o totalmente recombinados, lo que permite que la caja de la batería sea hermética lo que las hace más resistentes a las descargas profundas. El grado de recombinación depende de la actividad química en el electrolito (valor de corriente). Este tipo de baterías posee una válvula de seguridad que funciona como un cortocircuito externo en condiciones de emergencia, de ahí su nombre. El precio de este tipo de baterías es elevado en comparación con las SLI, pero en los últimos años ha aumentado su uso debido a las numerosas ventajas que ofrece en sistemas FV, por lo que su disponibilidad en el mercado ha aumentado notablemente.

**e) AGM.**

La sigla inglesa AGM denota un tipo de construcción de baterías herméticas, Aggregate Glass Mat, que significa conglomerado con alfombrilla "vitrosa" y electrolito. La alfombrilla es un separador de placas hecho de una estructura fibrosa de silicio y boro de apariencia vitrosa. El electrolito, reducido a una masa gelatinosa, forma parte del conglomerado.

Este tipo de baterías usan electrolito de ácido y agua, pero con un grado de Saturación menor que el electrolito líquido. Algunas de sus características ventajosas son: toleran más abuso que las demás baterías herméticas, debido a que tienen un grado de recombinación de los gases de carga algo superior al 99%; tienen una auto descarga menor al 3% mensual; pueden recargarse al 100% aún después de ser descargada Completamente; dejan escapar solamente el 4% o menos del total de los gases de carga; no requieren ningún mantenimiento; poseen mejor resistencia a temperaturas ambientales bajas; y abaratan costos de envíos, ya que se clasifican como sustancia no peligrosa.

**f) Tubulares.**

Son las baterías de mejor calidad para uso fotovoltaico, están hechas con placas tubulares y rejillas con bajo contenido de Sb-Se. Con este tipo de baterías pueden alcanzarse vidas útiles de más de ocho años, con PDd = 0,2 y frecuencias de mantenimiento entre 1 y 2 veces al año. Una desventaja

particular de las baterías tubulares en sistemas fotovoltaicos, es que no aceptan fácilmente regímenes de carga muy bajos, además, son caras y no se asegura su disponibilidad en los mercados actuales de los países en desarrollo.

El aumento en el uso de este tipo de baterías, al igual que en el caso de las VRLA, ha resultado beneficioso para los programas de electrificación rural a gran escala, ya que se ha incentivado a los fabricantes para que expandan y diversifiquen el mercado de estos productos.

Debido a estas numerosas ventajas, el costo de estas baterías es obviamente más elevado (dos o tres veces superior) que el de las baterías con electrolito líquido. Este tipo de batería también requiere un mayor tiempo de carga.

#### **g) NiCd.**

Las baterías de Níquel Cadmio de ciclo profundo tienen un costo de 6 a 8 veces superior a las baterías de plomo ácido con electrolito líquido, aunque su costo operacional a largo plazo es hasta 5 veces menor al de una batería de plomo ácido con la misma capacidad.

Este tipo de baterías usan un diseño conocido como “placas con bolsillos”. Las placas son de acero inoxidable con depresiones donde se coloca el material activo. El electrolito que se usa en este caso es una solución de agua con hidróxido de potasio con una fina capa de aceite en la superficie superior, que evita la oxidación por el oxígeno del ambiente.

Entre las principales ventajas que ofrece esta clase de baterías están: soportan sin dañarse cargas y descargas excesivas, y operación con bajo estado de carga; mayor eficiencia a altas y bajas temperaturas, y pueden operar con temperaturas variables y una alta humedad en el ambiente, lo que las hace óptimas para climas tropicales; no presentan sulfatación de placas o congelación del electrolito; la auto descarga, que inicialmente es elevada, disminuye con el tiempo permitiendo prolongados periodos de almacenamiento; su vida útil puede ser hasta más de dos veces mayor que la de una batería solar de plomo ácido de la misma capacidad.

Entre sus principales desventajas está la característica de descarga, debido a que el voltaje de la batería permanece prácticamente constante durante la descarga, hasta que cae súbitamente cuando se agota su capacidad de almacenaje, por lo que no permite tener un aviso previo. Para delimitar los límites de carga de la batería se requiere un voltímetro de gran exactitud, debido a que la diferencia de voltaje entre una batería cargada y descargada es muy pequeña. El bajo voltaje por celda requiere de la colocación de un número mayor de estas para lograr voltajes cercanos a los 12 V.

#### 2.2.2.6. DIMENSIONAMIENTO DE LAS BATERÍAS.

Los ensayos de ciclo para baterías, en condiciones representativas de su operación en sistemas FV, son lentos y difíciles. Aunque se han realizados intentos de llevar a cabo estos ensayos, no existen aún procedimientos ampliamente aceptados y es probable que esta situación se mantenga en años venideros. Debido a esto, la solución más práctica consiste en confiar en normas existentes y bien establecidas para usos convencionales de las baterías. Esto implica utilizar valores correspondientes a una descarga en 20 horas y el número de ciclos correspondientes a una profundidad de descarga de 50.

La primera etapa en el dimensionado de las baterías, consiste en asegurar que la producción de energía excederá la demanda durante el peor mes. Para lograr esto, la capacidad útil de la batería (capacidad nominal multiplicada por la máxima profundidad de descarga) debe permitir entre 3 y 5 días de autonomía (días que el sistema puede suministrar energía en ausencia de radiación solar usando solo las baterías).

La ecuación (7) permite calcular la capacidad del banco de baterías  $C$  (kAh), a partir del consumo energético real  $E$ , calculado en la ecuación (2); los días de autonomía  $N$ ; la tensión nominal del acumulador  $V$  (usualmente 12 V); y la profundidad de descarga permitida  $P_d$ .

$$C = \frac{EN}{VP_d} \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

Con este dato, puede calcularse el número de baterías que se requieren ( $N_b$ ) en base a la capacidad de la batería elegida ( $C_{bat}$ ) en kWh.

$$N_b = \frac{C}{C_{bat}} \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

Una vez confirmado que la producción de energía excederá la demanda durante el peor mes y que el banco de baterías brinda los días de autonomía necesarios, el dimensionado de la batería deberá regirse por las siguientes reglas (se consideran especificaciones para baterías tubulares y SLI como valores de referencia).

La máxima profundidad de descarga, PdMAX, (referida a la capacidad nominal de la batería en 20-horas) no debe exceder los valores propuestos en la tabla 2.

Tipo de Batería.	PD (%)	
	Obligatorio	Recomendado
Tubular	80	70
SLI:		
Clásica.	50	30
Modificada	60	40
Bajo mantenimiento	30	20

Tabla 2: Valores de Descarga Máxima Porcentual Permitida.

La capacidad útil de la batería,  $C_u$ , (la capacidad nominal en 20 horas, como se definió anteriormente, multiplicada por la máxima profundidad de descarga) deberá permitir entre tres y cinco días de autonomía.

La capacidad útil de la batería,  $C_u$ , debe también tomar en cuenta las condiciones meteorológicas locales. Cuanto más grande sea la cantidad de días nublados esperados, más grande deberá ser el valor de  $C_u$ .

Todos los valores de capacidad recomendados corresponden a descargas en 20 horas. Si se trabaja con otros regímenes de descarga, pueden emplearse las siguientes relaciones empíricas:

$$\frac{C_{100}}{C_{20}} = 1,25 \quad ; \quad \frac{C_{40}}{C_{20}} = 1,14 \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

Una buena tecnología de baterías puede ser desaprovechada porque en el campo no puedan respetarse las instrucciones de carga inicial. Por lo tanto, deben hacerse las provisiones necesarias para asegurar que la capacidad inicial de las baterías no está significativamente por debajo de los valores nominales. Esto puede lograrse con un proceso apropiado de formación durante la fabricación de la batería, o mediante la realización de cargas iniciales cuando la batería ya está instalada. Si se elige esta última alternativa, el personal que instale las baterías debe tener los equipos necesarios para cargarlas, y estar capacitado para controlar y realizar las cargas iniciales. Por lo que este tipo de solución es generalmente inapropiada en el caso de sistemas FV para electrificación rural, debido a lo remoto de las condiciones características de operación.

A menudo las baterías se transportan sin electrolito, y se llenan hasta el momento de su instalación definitiva. Este procedimiento ofrece ventajas de seguridad durante el transporte y evita la descarga durante el almacenaje, pero requiere generalmente de la realización de cargas iniciales en el lugar de la instalación, lo que, como ya se mencionó, no es una buena práctica en el caso de sistemas FV para electrificación rural. Una buena práctica es almacenar las baterías secas y llenarlas con el electrolito justo antes de enviarlas a su destino final. Esto requiere que las baterías se transporten llenas, pero permite realizar la carga inicial en el taller del instalado.

Cualquiera que sea el caso, deben hacerse las provisiones necesarias para asegurar que la capacidad inicial de las baterías puestas en operación no difiere en más del 95 % del valor nominal.

En lo referente a la resistencia de la batería, deben cumplirse las siguientes especificaciones:

La vida de la batería (es decir, antes de que su capacidad residual caiga por debajo del 80 % de su capacidad nominal) a 20°C, debe exceder un cierto número de ciclos, NOC, cuando se descarga hasta una profundidad del 50%. En la tabla 3 se dan los valores de NOC para cada tipo de batería a auto descarga de la batería a 25°C, no debe exceder el 6% de su capacidad nominal en un mes.



Tipo de Batería.	NOC
Tubular	500
SLI:	
Clásica.	200
Modificada.	200
Bajo mantenimiento.	300

Tabla 3: Numero de Ciclos Requeridos Antes de una Descarga del 50%.

Finalmente, debe mencionarse que la batería deberá colocarse en un lugar ventilado y de acceso fácil pero restringido. Acceso fácil se refiere a que la limpieza de los terminales de la batería, la verificación del nivel de electrolito, el relleno de agua y el reemplazo de fusibles deben poder realizarse sin mover las baterías. Además por la posibilidad de ocurrencia de accidentes si la batería o su contenedor se vuelcan o si se cortocircuitan accidentalmente sus terminales, es necesario tomar las provisiones necesarias para evitar tales situaciones.

#### 2.2.2.7. REGULADOR DE CARGA:

##### a) Aspectos Generales.

La función básica de este dispositivo es prevenir descargas y sobrecargas de la batería. Se emplea además para proteger las cargas en condiciones extremas de operación y brindar información al usuario. La función de regulación de carga idealmente debería depender directamente del estado de carga en la batería. Actualmente existen dispositivos que permiten realizar esta función, pero son complejos y su elevado costo limita su uso en sistemas FV domésticos. Los reguladores que se emplean generalmente atienden el voltaje de la batería.

En la mayoría de los casos, el precio del regulador representa solamente el 5% de la inversión inicial en el sistema FV.

Pero su el costo que puede representar a largo plazo es mucho mayor, debido a que las baterías pueden ser el componente de mayor coste a lo largo de la vida útil del sistema, y la duración de estas dependen directamente de la calidad del regulador del carga. Por esa razón deben emplearse reguladores de carga de buena calidad y con una vida útil superior a los 10 años.

## b) Límites de carga.

Para evitar descargas profundas en las baterías, el suministro de energía a las cargas se interrumpe cuando el voltaje de la batería cae por debajo de un cierto límite, llamado "voltaje de desconexión de carga". El suministro no debe reanudarse hasta que la batería alcance otro límite más alto, conocido como "voltaje de reconexión de carga". Las normas existentes son bastante inconsistentes en lo referente a los valores recomendables de dichos voltajes de umbral. Esto se debe a que el comportamiento eléctrico de la batería depende del diseño particular, del proceso de fabricación y además de la edad de la misma.

La selección del voltaje de desconexión representa un compromiso entre la satisfacción de los usuarios por la disponibilidad de energía, y la protección de las cargas, baterías y otros componentes. La experiencia de campo revela que criterios sobre protectores conducen a prácticas indeseables, como el puente de los terminales del regulador. Por estas razones, resulta conveniente considerar el uso de algún indicador (luces, alarma) que prevenga al usuario sobre el riesgo de desconexión, para que este pueda regular su consumo y evitar la interrupción del suministro eléctrico. Los voltajes de conexión y reconexión de carga deben adaptarse a cada tipo de batería. No es posible establecer una relación universal entre voltaje y estado de la carga en la batería, porque estos varían dependiendo de las características de la misma. Aunque esta idea de voltajes universales se ha empleado en numerosos programas de electrificación fotovoltaica, su uso no es recomendado. Teniendo en cuenta este factor de incertidumbre, se tienen las siguientes especificaciones para la regulación de carga:

Debe existir protección contra descargas profundas.

El valor del "voltaje de desconexión de carga", debe corresponder al valor máximo de la profundidad de descarga definido a partir de la tabla 2, en el apartado anterior. Para una corriente, en amperes, igual al consumo diario, en amperes-hora, dividido entre 5.

El "voltaje de reconexión de carga" debe ser 0,08 V/vaso (ó 0,5 V para 12V) superior al voltaje de "desconexión de carga".

La inhibición manual de la protección contra descargas profundas no está permitida.

Deben incluirse elementos de señalización y alarma previos a la desconexión.

El "voltaje de alarma" (estado de carga bajo) debe ser 0.2V (para sistemas de 12V) superior a la tensión de desconexión del consumo.

Los voltajes de desconexión, reconexión y alarma deben tener una precisión de  $\pm 1\%$  ( $\pm 20$  mV/vaso, o  $\pm 120$  mV/batería de 12 V) y permanecer constantes en todo el rango de posible variación de la temperatura ambiente.

Es necesario también proteger las baterías contra sobrecargas, por lo que debe limitarse la corriente de carga cuando el voltaje alcanza un cierto límite, llamado "voltaje de fin de carga". Dicha corriente no debe restablecerse hasta que el voltaje caiga por debajo de otro límite, denominado "voltaje de reposición".

Existen básicamente dos clases de reguladores de carga, la diferencia principal entre ellos es la posición del dispositivo de corte empleado para limitar la sobrecarga en la batería. Los reguladores "serie" interrumpen la conexión entre el generador solar y la batería, mientras que los reguladores "paralelo" (o "shunt") cortocircuitan al generador solar.

Hay además, dos tipos básicos de estrategias de control. En los controladores "onoff" se interrumpe totalmente la corriente de carga cuando se alcanza el "voltaje de fin de carga". En los controladores con "modulación del ancho de pulso" (o PWM), se recurre a reducir gradualmente la corriente de carga cuando se alcanza el "voltaje de fin de carga", manteniendo así el voltaje constante, y precisamente igual a este valor.

Ambos tipos de reguladores y de estrategias de control son adecuadas para sistemas FV, y no se producen diferencias significativas en la vida útil de la batería por el empleo de uno u otro de estos métodos.

La selección de los voltajes de fin de carga y reposición representa un compromiso entre asegurar la carga completa de la batería y evitar la corrosión de las rejillas y el excesivo consumo de agua.

Idealmente debería realizarse un ensayo de recarga en la batería, para determinar concretamente la relación entre el voltaje y la corriente de gaseo. Si dicho ensayo se realiza, el voltaje de fin de carga deberá corresponder a un factor de recarga entre 0.95 y 1, cuando la carga se produce con una corriente de carga que corresponde a la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico en condiciones estándar.

El valor del voltaje de fin de carga no es tan sensible al tipo de batería, como el voltaje de desconexión de carga por lo que si no se dispone del ensayo de recarga, pueden seguirse las siguientes recomendaciones generales:

- El "voltaje de fin de carga" debe estar en el rango de 2,3 a 2,4 V/vaso, a 25°C.

- En los controladores "on-off", el voltaje de reposición debe estar en el rango de 2,15 a 2,2 V/vaso, a 25°C.

- En el caso de reguladores PWM, el voltaje de "fin de carga" debe estar en el rango de 2,3 a 2,35V/vaso, a 25°.

- Si se espera que las temperaturas ambientales en las cercanías del regulador varíen más que  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  a lo largo del año, se requiere un circuito de compensación de temperatura que realice una corrección de -4 a -5 mV/°C/vaso.

- El "voltaje de fin de carga" y el "voltaje de reposición" deben tener una precisión del 1% ( $\pm 20\text{mV/vaso}$ , o  $\pm 120\text{mV}$  para 12 V batería).

- Si se utilizan relés electromecánicos, la reposición de la carga debe retardarse entre 1 y 5 minutos.

En la figura 7 se observa un ejemplo de la evolución del voltaje de operación de una batería con un regulador de carga asociado.

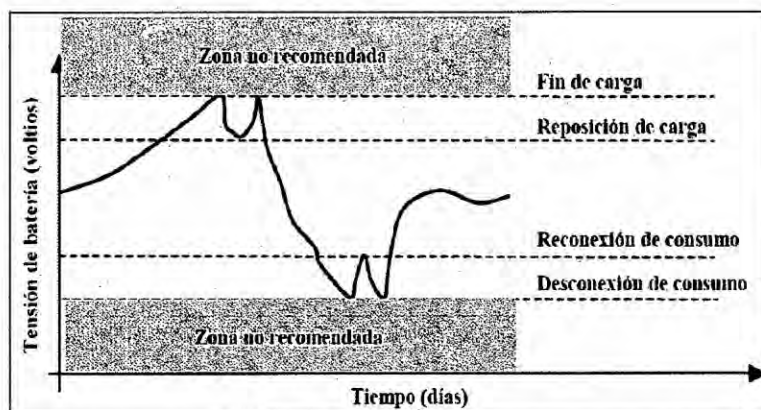


Figura 7: Variación de Voltaje en una Batería con Regulador de Carga

Para evitar la descarga de la batería a través del generador fotovoltaico durante la noche, se emplea una protección contra el paso de corriente inversa. Esta descarga normalmente no es severa, pero evitarla ayuda a mejorar el comportamiento energético del sistema. La protección contra corriente inversa es muy fácil de implementar tanto en reguladores “paralelo” como en reguladores “serie”.

### c) Caídas de tensión.

Las caídas excesivas de voltaje (en el regulador de carga, cables, interruptores, fusibles, etc.) tienen consecuencias negativas en el comportamiento de muchos sistemas causando con frecuencia una disminución de la capacidad efectiva de carga del generador fotovoltaico.

Debido a que los reguladores de carga miden el voltaje de la batería en los correspondientes terminales del propio regulador, tales caídas de tensión pueden reducir el voltaje de carga de la batería, y afectar con ello a su correcto funcionamiento. Caídas de tensión tan pequeñas como 30 mV/vaso pueden tener efectos significativos sobre la estimación del estado de carga de la batería y, en último extremo, sobre su tiempo de vida.

De forma análoga, cualquier caída excesiva de tensión en el circuito de consumo reduce el voltaje disponible en las cargas y puede afectar negativamente a su funcionamiento. Por estas razones, es necesario limitar las caídas de voltaje tanto en el cableado como en el propio regulador.

Las caídas internas de tensión del regulador, entre los terminales de la batería y los del generador, deben ser inferiores al 4 % de la tensión nominal ( $\cong 0,5$  V para 12 V), en las peores condiciones de operación (todas las cargas apagadas y máxima corriente procedente del generador fotovoltaico). Entre los terminales de la batería y los del consumo, deben ser inferiores al 4 % del voltaje nominal en las peores condiciones de operación (todas las cargas encendidas y sin corriente alguna procedente del generador fotovoltaico).

**d) Condiciones de operación.**

La situación potencialmente más peligrosa, tanto para el regulador de carga como para las cargas, es la operación sin baterías. Por lo que el regulador debe ser capaz de operar sin batería, con el generador en condiciones estándar y bajo cualquier nivel de carga permitida. Para proteger las cargas, el voltaje de salida del regulador en estas condiciones no deberá ser mayor que 1,3 veces el voltaje nominal.

Algunos reguladores no pueden operar con niveles bajos de tensión, por lo que interrumpen el suministro de corriente a la batería. Para evitar esta situación, el regulador deberá permitir la carga de la batería desde el generador para cualquier voltaje mayor que 1,5 V/vaso.

El regulador también debe ser capaz de manejar cómodamente una corriente de carga equivalente a 1,25 veces la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico, y una corriente de descarga de 1,25 veces la correspondiente a todas las cargas encendidas a voltaje nominal.

El regulador requiere además protección contra posibles daños provocados por impactos mecánicos y por condiciones ambientales adversas. El grado de protección debe guardar relación con el tipo de instalación de que se trate. IP 32 puede ser aceptable para instalaciones interiores mientras que IP 54 debe ser siempre obligatoria para instalaciones exteriores (normas IEC 529 o DIN 40050).

Algunos requisitos adicionales sugeridos para el regulador de carga son:-Debe estar protegido contra polaridad inversa tanto en la línea del generador como en la de la batería.

- Se debe proteger contra sobretensiones por medio de un supresor de Sobre voltajes de 1000 W o mayor, instalado entre ambos polos de la entrada correspondiente al generador fotovoltaico y de la salida correspondiente a las cargas.

- No debe producir interferencias en las radiofrecuencias en ninguna condición de operación.

El consumo energético parásito diario del regulador en condiciones normales de operación no debe exceder el 3% del consumo diario considerado en el diseño.

**e) Información y señalización.**

Los reguladores que muestran información sobre parámetros eléctricos como corriente de carga y tensión de la batería, se han empleado ampliamente en el pasado, pero en la actualidad se considera que esto no es muy útil. Preferiblemente deben emplearse señalizaciones en los reguladores que permitan determinar el riesgo de desconexión por baja disponibilidad de energía. Los principales estados que deben reconocerse y señalarse son: la disponibilidad de energía debida una carga suficientemente elevada en la batería, situación de riesgo de desconexión por bajo nivel de carga, y desconexión de cargas debida a un nivel de carga de la batería excesivamente bajo.

Todas estas señales pueden permanecer activas, siempre que se empleen LEDs de muy bajo consumo. Aunque una mejor opción es que las señales se activen con un pulsador, esto ahorra energía y fomenta la participación del usuario en el funcionamiento del sistema.

Las señales del regulador se pueden consultar fácilmente solo si este se ubica en un. Lugar accesible en una habitación de uso frecuente. Aunque otras recomendaciones indican que el regulador debe estar lo más cerca posible de la batería (para evitar pérdidas), y esta debe colocarse en un lugar ventilado y de acceso restringido.

Este inconveniente puede resolverse construyendo el alojamiento exterior de la batería contra una pared de la casa. Esta disposición permite instalar el regulador de carga en el interior de la casa manteniéndolo muy cerca de la batería, con el simple recurso de hacer que los cables atraviesen la pared.

Otro método consiste en hacer que el regulador desconecte las cargas cuando la carga en la batería alcanza un nivel de riesgo, y que la reconexión pueda realizarse de forma manual. Esto permite alertar a los usuarios sobre el riesgo de desconexión sin que tengan que estar mirando el indicador de estado de la carga.

#### **2.2.2.8. SISTEMA DE ADAPTACIÓN DE CORRIENTE (INVERSOR).**

Su función es adecuar las características de la energía generada a las demandadas por las aplicaciones de la instalación. Un sistema de conmutación electrónico, llamado inversor, transforma la corriente continua de las baterías en corriente alterna.

Las principales características que deben considerarse para el dimensionamiento del inversor son:

- La tensión de entrada.
- Máxima potencia que puede manejar.
- Margen de sobrecarga permisible.
- Potencia, tensión y forma de la onda de la salida
- Frecuencia de trabajo y máximo error de frecuencia.
- Eficiencia de transformación (generalmente cercana al 85%).

Junto a estos parámetros deben considerarse algunos otros prácticos como:

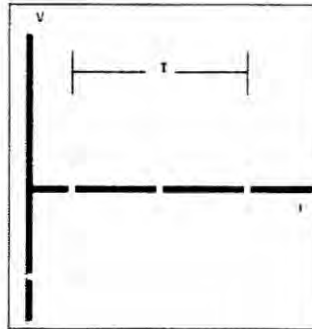
##### **Montaje Mecánico**

- Rango de temperatura ambiente de trabajo
- Diámetro máximo permisible de los conectores de CC
- Protecciones automáticas

En sistemas fotovoltaicos aislados se emplean inversores de conmutación forzada o Auto conmutados. Los primeros inversores, desaparecidos ya del mercado, generaban un voltaje de salida en CA en forma de onda cuadrada, tal como se muestra en la figura 8. Este tipo de onda presenta un alto



contenido de armónicos que generaban problemas de interferencia en equipos como radios y televisores, y resultaba imposible la alimentación de un ordenador u otros equipos electrónicos.



Un primer avance en el diseño de inversores, permitió generar una onda de salida casi sinusoidal, conocida también como sinusoidal modificada. Esta de modulación por anchura de pulsos (PWM), onda consiste en una serie de escalones de voltaje que tratan de seguir las variaciones necesarias del voltaje CA de salida. La figura 9 muestra una onda de salida de este tipo.



**Figura 9: Tensión de Salida de un Inversor De Onda Sinusoidal Modificada.**

Los inversores modernos generan una onda de salida sinusoidal pura o casi pura con bajo contenido de armónicos y con un mínimo error en la frecuencia, mediante un proceso llamado modulación por anchura de pulsos (PWM). Con los PWM pueden obtenerse rendimientos de hasta 90% inclusive con bajos niveles de carga. En el mercado se encuentran también los llamados inversores/cargadores, un equipo que combina la función de inversor para transformar la energía de una fuente renovable de energía con un cargador de baterías que funciona

a partir de una fuente de CA, ya sea un grupo electrógeno de respaldo o conexión a red.

### **2.2.5.2 Consideraciones de diseño.**

Las hojas de datos de inversores generalmente brindan dos valores de potencia, uno que corresponde a la potencia que el inversor puede suministrar en forma continua, y otro valor que indica la máxima potencia que el aparato puede tolerar durante un lapso de tiempo específico.

El valor de potencia continua que puede suministrar el inversor puede tomarse como válido si no se sobrepasa la máxima temperatura ambiente especificada, se tiene el voltaje requerido mínimo en la entrada de CC, y la carga que se conecta es resistiva o casi resistiva. Si se conectan motores, balastos u otras cargas inductivas la onda de voltaje y corriente se desfasan y cambia el factor de potencia, por lo que la potencia real que el inversor puede manejar disminuye.

La eficiencia del inversor varía en función del nivel de carga. Dicha eficiencia es mayor si el nivel de carga que se conecta se encuentra cerca del valor nominal para el que fue diseñado, y disminuye cuando opera con poca carga o sobrecarga.

Los inversores que suministran potencias elevadas poseen dispositivos de seguridad que se encuentran en funcionamiento las 24 horas del día, por lo que existe un consumo aun cuando no se transfiere potencia a las cargas.

Algunos inversores implementan una función adicional que permite que se desconecte la salida del mismo para dar paso a la de un generador CA de respaldo (de gasolina o diésel), lo que permite utilizar los mismos terminales de CA sin tener que realizar transferencia manual de los cables de un dispositivo a otro.

Para los equipos que generan onda sinusoidal modificada generalmente no se especifica el contenido armónico y el error es de  $\pm 4$  ciclos a 60 Hz. En el caso de onda sinusoidal pura el error en la frecuencia es generalmente  $\pm 0.05$  ciclos, alrededor de 60 veces menor. En este caso el contenido armónico se especifica como menor a 3%.

El dimensionamiento del inversor se realiza en base al pico máximo de potencia que se estima en el consumo, pero esto depende de que los usuarios planeen el uso de la energía para reducir lo más posible el pico de energía. En general las personas que utilizan el sistema no tienen idea alguna del consumo eléctrico que utilizan o que van a necesitar, y es probable que el consumo inicialmente moderado aumente con el tiempo. Es necesario realizar un cálculo certero de la distribución del consumo de energía, ya que la potencia pico que se toma como referencia en el diseño tiene mucha influencia sobre el costo inicial del proyecto.

En el caso de un inversor/cargador, en sistemas con fuentes de respaldo (motores diesel, grupos electrógenos), la única restricción importante que se impone sobre la corriente de carga de las baterías es que esta deberá ser inferior al 10% de la capacidad total del banco de baterías.

#### **2.2.2.9. CABLEADO:**

Bajas tensiones y corrientes elevadas son características en sistemas FV, por lo incluso caídas pequeñas de tensión tienden a ser significativas y generan efectos negativos sobre la corriente entregada por el generador fotovoltaico, la regulación de carga de la batería y la vida útil de las lámparas fluorescentes.

Por estas razones, debe evitarse las caídas de tensión dimensionando adecuadamente el cableado. Las secciones de los conductores deben ser tales que las caídas de tensión en ellos sean menores al 5% entre el generador y el regulador, menores de 1% entre el regulador y las baterías, e inferiores a 5% entre el regulador de carga y las cargas. Esto en condiciones de máxima corriente. Estas caídas en los conductores, son independientes de las caídas en regulador, mencionadas en el apartado anterior.

Los cables deberán ser aptos para funcionar a la intemperie según la norma IEC 60811, o la norma para cables relevante en el país de interés.

Las terminales de los cables deberán permitir una conexión mecánicamente fuerte, segura y con baja caída de tensión.

Los cables deben asegurarse a las estructuras de soporte o a las paredes, para evitar esfuerzos mecánicos sobre otros elementos de la instalación eléctrica (cajas de conexión, balastos, interruptores, etc.).

En el caso en que se monten sobre una superficie, los cables deben graparse a las paredes, a intervalos adecuados, para asegurar su posición vertical y horizontal (no se recomienda posicionarlos de forma oblicua). De no ser así, deben embutirse en las paredes y recubrirse con yeso o un material similar.

Los cables deben mantenerse fuera del alcance de los niños.

Los fusibles para la protección de los cables se eligen de forma que la máxima Corriente de operación esté entre el 50 y 80% de la capacidad nominal del mismo. Los fusibles se instalan preferiblemente en las líneas de polaridad positiva.

#### **2.2.2.10. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.**

Los sistemas FV domésticos generalmente operan con tensiones bajas (del rango de 12-24V). El factor que representa mayor peligro en estos casos es la batería, ya que tienen corrientes de cortocircuito muy altas, además contienen ácido sulfúrico y libera gases inflamables. Para evitar este tipo de riesgos, tanto la batería como el regulador de carga deben estar protegidos contra sobre corrientes y corrientes de cortocircuito. Dichas protecciones deben tener efecto tanto sobre la línea del generador fotovoltaico como sobre la línea de las cargas.

Dichas protecciones pueden realizarse de manera fácil implementando fusibles, diodos, disyuntores u otros; y pueden o no estar incluidas dentro de la caja del regulador. En cualquiera de los casos, dichas protecciones se consideran parte del regulador en lo relativo a caídas de tensión en las mismas.

La instalación de un sistema de pararrayos completo no es aceptable desde el punto de vista económico, debido a que generalmente el porcentaje de los daños en módulos y reguladores ocasionados por efecto de los rayos es muy bajo, en comparación con el elevado aumento en el costo inicial del sistema FV que implica la instalación de tal sistema de protección. Por esta razón, en regiones con tormentas eléctricas

frecuentes se debe instalar algún medio de aislar manualmente los polos positivo y negativo del lado del generador fotovoltaico. De este modo se puede desconectar el generador fotovoltaico cuando hay riesgo de descargas eléctricas atmosféricas.

#### **2.2.2.11. CARGAS.**

Las cargas típicas en sistemas fotovoltaicos son las luminarias, radios y televisores. La iluminación constituye generalmente la mayor parte del consumo. Los radios y televisores son adquiridos directamente por los usuarios en mercados de aparatos electrodomésticos convencionales, son productos altamente estandarizados y de consumo modesto.

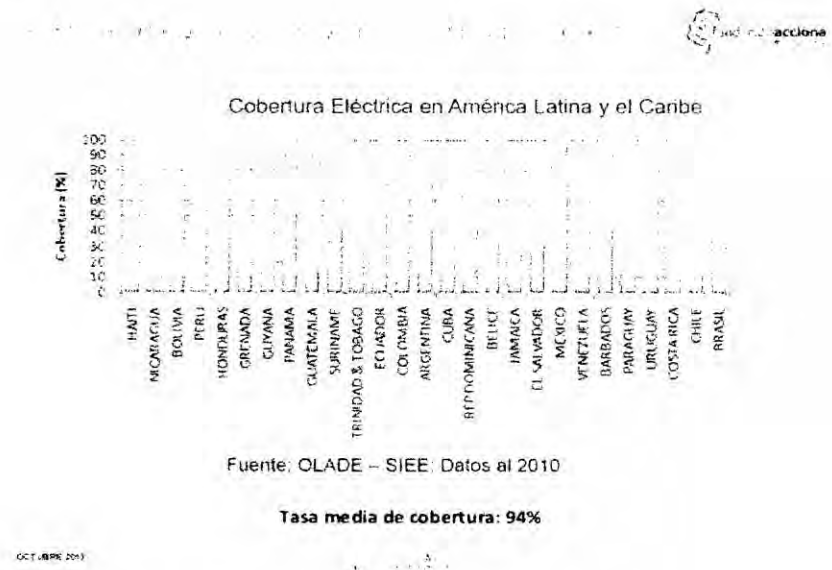
Por razones de eficiencia, las lámparas fluorescentes son las más comúnmente utilizadas en sistemas FV. El balasto de la lámpara fluorescente es esencialmente un oscilador que debe asegurar altas eficiencias energéticas y lumínicas, y larga vida de los tubos. Desafortunadamente para asegurar una larga vida, el tubo necesita ser alimentado por una tensión constante. Existen en el mercado balastos que incorporan una etapa estabilizadora de tensión, pero su costo asociado es alto debido a la necesidad de incorporar un transformador adicional.

#### **2.2.3. IMPLEMENTACIÓN DE PANALES FOTOVOLTAICOS.**

La utilización de sistemas fotovoltaicos, y otros sistemas basados en fuentes de Energía renovables, para la generación eléctrica se visualiza como una alternativa de gran importancia en la actualidad. Este tipo de sistemas se asocian generalmente con sus ventajas ambientales, como la disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes perjudiciales para la atmósfera derivados de la generación eléctrica a partir de combustibles convencionales, o la operación y tratamiento de residuos peligrosos en el caso de las centrales nucleares. Otro factor que motiva su uso es el previsible agotamiento a mediano plazo de los combustibles tradicionales como petróleo, gas y carbón; y la dependencia externa que genera su utilización, que motiva que muchos países o áreas económicas busquen lograr una mayor diversidad y autonomía energética. Algunas iniciativas institucionales aprobadas en países europeos (como el caso de España), encaminadas a promover la generación eléctrica de origen renovable, han provocado un aumento apreciable

en la producción de módulos fotovoltaicos, orientando dicha producción hacia aplicaciones de sustitución.

Una aplicación alternativa igualmente ventajosa de estas tecnologías, conjuga los beneficios para el medioambiente con el desarrollo la posibilidad del acceso a electricidad de personas que actualmente no disponen de ella. En la figura 10 se muestran datos representativos sobre el grado de electrificación de algunos países de distintas áreas geográficas.



**Figura 10: Datos de Acceso a la Electricidad de Algunos Países.**

El empleo de sistemas fotovoltaicos en esas áreas no pretende modificar el origen de la energía que se transmite por la red eléctrica, sino complementar esta mediante la instalación de sistemas autónomos para alcanzar los lugares donde por diversos motivos no ha llegado la red y no es probable que llegue a corto plazo.

El uso de los sistemas fotovoltaicos en este tipo de aplicaciones aisladas de la red permite aprovechar algunas de las características más ventajosas de estos, como lo son la disponibilidad de una fuente de energía limpia, gratuita y libre en el mismo lugar de consumo; además de la flexibilidad, modularidad y amplia autonomía que brinda este tipo de instalaciones.

La mayoría de los sistemas solares domésticos en la actualidad son de baja potencia, diseñados generalmente para suplir las necesidades básicas de una sola vivienda o de un grupo reducido de estas. En ese caso se trata de instalaciones en continua normalmente a 12/24V y

con un valor típico de 50Wp de panel FV. El rango puede variar entre los 10-100Wp aproximadamente, dependiendo del tipo de instalación, la cantidad de usuarios y sus hábitos de consumo, así como de la planificación y financiación del proyecto

El uso de inversores (convertidores CC/CA) se restringe generalmente a sistemas de mayor potencia (>200Wp), por razones de costo y confiabilidad.

La calidad de un sistema fotovoltaico autónomo en particular depende de elementos como la confiabilidad, comportamiento energético, seguridad, fácil manipulación, y simplicidad en la instalación y el mantenimiento. En programas de electrificación rural, es deseable además que los sistemas tengan flexibilidad para operar adecuadamente con distintos componentes, por ejemplo de distintos fabricantes o diferentes tamaños. Es una alternativa los sistemas FV como suministro de respaldo, al suministro convencional de la facultad y este puede suministrar energía cuando las baterías están descargadas y en forma paralela suministrara energía a las cargas conectadas al mismo tiempo que recarga el banco de baterías. Una vez que las baterías se han cargado completamente, se desconecta la fuente de normal de la facultad y el sistema opera nuevamente como sistema FV autónomo. En la figura 11 se muestra la configuración del sistema fotovoltaico con red normal.

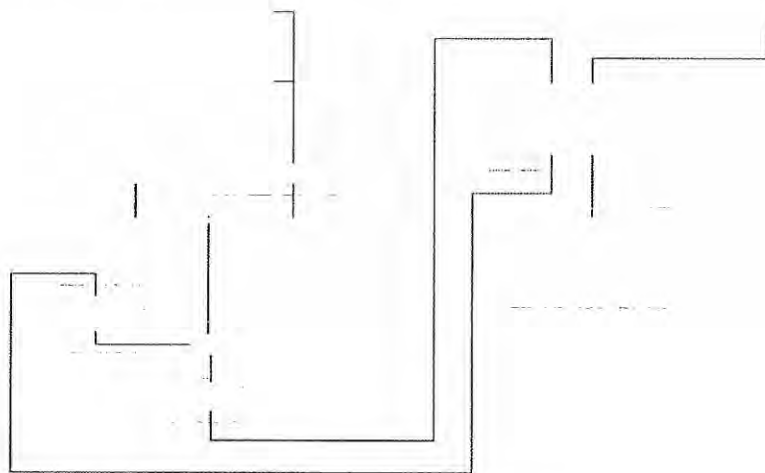


Figura 11: Sistema de Fotovoltaico propuesto.

Usualmente, en la demanda de energía por parte de los usuarios se dan aumentos puntuales en el pico de energía entregada que se encuentran por encima de la capacidad del generador fotovoltaico. Para superar esta dificultad se debería aumentar la capacidad del sistema FV, lo que no sería viable desde el punto de vista económico, dado que esa cantidad de energía pico no se consume todo el tiempo

y los equipos FV adicionales necesarios son de elevado costo. En este sistema, la cantidad de energía normal consumida se cubre con el sistema fotovoltaico y el pico de energía faltante se genera a partir del suministro normal de la red.

La implementación del circuito que tenga la posibilidad de cargar a las baterías a través del suministro normal da mayor confiabilidad al sistema fotovoltaico, este resulta una inversión inicial menor que la necesaria en caso de un sistema puramente fotovoltaico de mayor tamaño y requiere mantenimiento. En estas condiciones, el pico de potencia que se puede generar es muy grande, ya que se suma el aporte del sistema FV y el sistema normal.

En el diseño de sistemas FV en algunos casos pueden especificarse dos requisitos alternativos para un mismo componente o instalación, ya que normalmente se plantea una opción en base a calidad técnica y costes, y la selección final se hace en función de las disponibilidades y restricciones locales. Las especificaciones obligatorias (derivadas de una norma legal) para determinado componente representan un mínimo absoluto, mientras que una especificación recomendada representa una opción más deseable pero más costosa.

La flexibilidad en el dimensionamiento del sistema FV es también de gran importancia. Por esto, es necesario prestar especial atención a la posibilidad de agrandar un sistema fotovoltaico doméstico simplemente incrementando el tamaño del sistema fotovoltaico agregando más paneles o aumentando la cantidad de baterías para almacenamiento.

Las tareas de mantenimiento de los sistemas FV que pueden ser realizadas directamente en el propio lugar de operación son: limpieza de los módulos fotovoltaicos, modificaciones del cableado, relleno de agua de las baterías, y reemplazo de fusibles, lámparas y reguladores de carga.

La experiencia sugiere que la mayoría de los usuarios no deberían realizar ninguna tarea de mantenimiento fuera de limpiar los módulos fotovoltaicos. Es recomendable que en los lugares que se abastece con un sistema FV, se tenga una persona, previamente entrenada y preferiblemente bien aceptada socialmente, que asuma la responsabilidad del mantenimiento primario (diagnóstico de fallos, reemplazo de fusibles, modificación del cableado, etc.). Cualquier información adicional que provean los reguladores debería ser interpretada por esta persona y, por lo tanto, debería estar adaptada a su capacidad y a su función en el esquema de mantenimiento.



## 2.2.4. DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN LA FIEE UNAC.

El planteamiento del de la generación eléctrica a través de un sistema fotovoltaico se hará para la FIEE-UNAC Pabellón de aulas, en el distrito de Bellavista, Callao, Perú. La figura permite visualizar la ubicación geográfica de la UNAC.

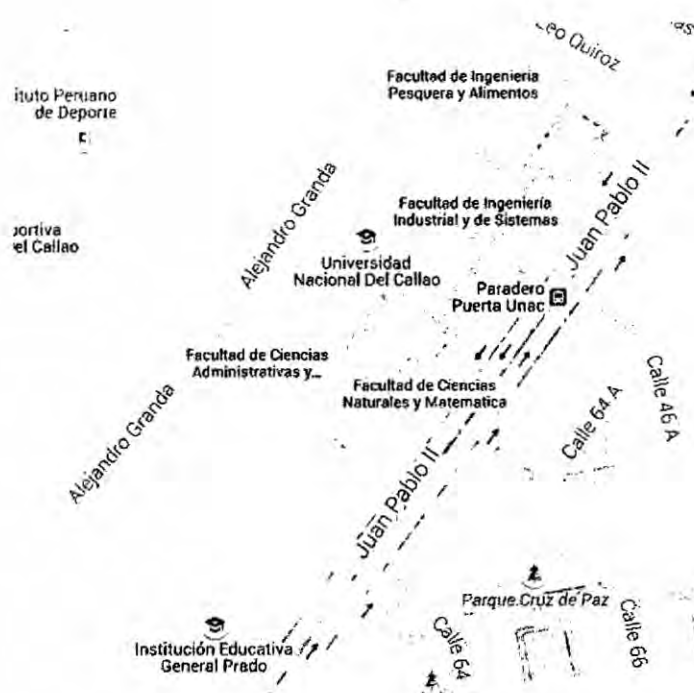


Figura 12: Ubicación geográfica de la UNAC

Las coordenadas de la universidad latitud sur  $12^{\circ}02'$  y longitud oeste  $77^{\circ}01'$ .

La UNAC actualmente cuenta con suministro dado por el concesionario Edelnor el sistema a diseñar es un sistema fotovoltaico. En este tipo de sistemas, tal como se indicó anteriormente el suministro del concesionario es el normal y la fuente de respaldo que permite complementar el funcionamiento será el sistema FV, reduciendo el costo inicial del mismo y aumentando su confiabilidad.

### 2.2.4.1. ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RADIACIÓN SOLAR.

Distribución espacial y temporal de la energía solar incidente diaria en el Perú, a nivel anual, la zona de mayor potencial de energía solar del territorio peruano se encuentra principalmente en la costa sur ( $16^{\circ}$  a  $18^{\circ}$  S), donde se dispone de 6,0 a 6,5 kW

h/m<sup>2</sup>. Otras zonas en las que se registra alta disponibilidad de energía solar diaria, entre 5,5 a 6,0 kW h/m<sup>2</sup> son la costa norte (3 a 8° S) y gran parte de la sierra sobre los 2 500 msnm, siendo en orden de importancia en cuanto a su extensión superficial: la sierra sur, la sierra central y la sierra norte. La zona de bajos valores de energía solar en el territorio es la selva, donde se registran valores de 4,5 a 5,0 kW h/m<sup>2</sup> con una zona de mínimos valores en el extremo norte cerca del ecuador (0° a 2° S).

Asimismo, es importante acotar que la mayor variación anual (desviación estándar) de los valores de energía solar recibida en la superficie está en la costa sur, seguido en orden de magnitud por la costa central, selva norte, costa norte y sierra sur. Las zonas de menor variación anual son la selva central y sur, la sierra central y parte de la sierra norte.

ORDEN	LOCALIDAD	DEPARTAMENTO	IRRADIACION SOLAR Promedio Anual (KWh/m <sup>2</sup> )
1	IQUITOS	LORETO	3,73
2	EL CENIPA	AMAZONAS	2,89
3	REQUENA	LORETO	3,66
4	HDA. EL VALOR	AMAZONAS	4,49
5	YURIMAGUAS	LORETO	4,14
6	JUAN GUERRA	SAN MARTIN	3,95
7	CAJAMARCA	CAJAMARCA	4,47
8	PADRE ABAO	UCAYALI	4,02
9	TINGO MARIA	HUANUCO	4,62
10	HUANUCO	HUANUCO	4,52
11	HUMAYA	LIMA	4,65
12	SAN RAMON	JUNIN	3,98
13	IBERIA	MADRE DE DIOS	3,68
14	HUACHAC	JUNIN	4,97
15	SANTA ANA	CUSCO	4,01
16	AYACUCHO	AYACUCHO	4,89
17	SAN JERONIMO	CUSCO	4,69
18	ABANCAY	APURIMAC	4,75
19	MANBIQUE	ICA	4,52
20	PACCONA	ICA	5,04
21	ICA	ICA	4,89
22	HDA. MAJORO	ICA	5,02
23	MARCONA	ICA	4,94
24	HUARAYA	PUNO	5,16
25	SIBAYO	AREQUIPA	4,94
26	PUNO	PUNO	5,19
27	JULI	PUNO	5,06
28	PAMPA DE MAJES	AREQUIPA	5,61
29	AREQUIPA	AREQUIPA	5,21
30	CHARACATO	AREQUIPA	5,32
31	MOQUEGUA	MOQUEGUA	5,36
32	PAUCARANI	TACNA	5,41
33	CALANA	TACNA	4,99

Figura 12: Irradiación solar promedio en algunas localidades del Perú.

En la Provincia Constitucional del Callao el mayor potencial de energía solar se encuentra hacia el Este, con valores promedios entre 5,5 a 5,6 K W h/m<sup>2</sup>; incrementándose hacia las cuencas medias y altas de los ríos Chillón y Rímac hasta 6,0 Kw h/m<sup>2</sup>

En términos generales, en la región de la costa central y sur ocurren valores altos de heliofanía y por lo tanto altos valores de

energía solar en la época del verano austral; sin embargo, es necesario detallar algunas excepciones.

En la franja costera cercana al litoral, ubicada por debajo de los 600 m de altura, el comportamiento descrito anteriormente cambia durante fines de otoño, invierno e inicios de primavera en que esta región muestra valores marcadamente bajos de heliófila y energía solar y constituye una zona de mínimos en el territorio. Estas condiciones se dan en razón de que la transitividad atmosférica disminuye considerablemente debido a la intensificación durante estos meses de la inversión térmica, que determina una capa nubosa baja (estratiforme) e incluso fuerte presencia de nieblas en esta región. Esto es originado por la mayor influencia del APS que por esta época migra hacia su posición más al norte en el Pacífico sur ( $30^{\circ}$  S y  $90^{\circ}$ W), esto es, más cerca al litoral peruano, y tiene una mayor intensidad y amplitud; por otro lado, a las menores temperaturas superficiales de la Corriente Fría Peruana y la presencia e intensificación de afloramientos costeros de aguas frías profundas sub superficiales. A fines de primavera, en las terrazas desérticas de Arequipa, Moquegua y Tacna ( $13,5$  a  $18^{\circ}$  S y  $70$  a  $76^{\circ}$  W), por encima de los 1 000 msnm, se alcanzan los mayores valores de energía solar durante el año y de todo el territorio nacional. Esto se debe a que están ubicadas encima de la capa de inversión térmica y presentan cielo despejado durante todo el año.

Para el presente trabajo, debido al gran tamaño de las coberturas antes mencionadas, y con el propósito de introducir en las simulaciones el mayor número de factores que influyen la variación espacial de la irradiación solar en Perú, se seleccionaron 8 zonas homogéneas de simulación. Entre zonas es importante mencionar la existencia de áreas de traslape las que fueron simuladas bajo las condiciones de cada zona de tal manera que sirvieran como áreas de interfase para el empalme final

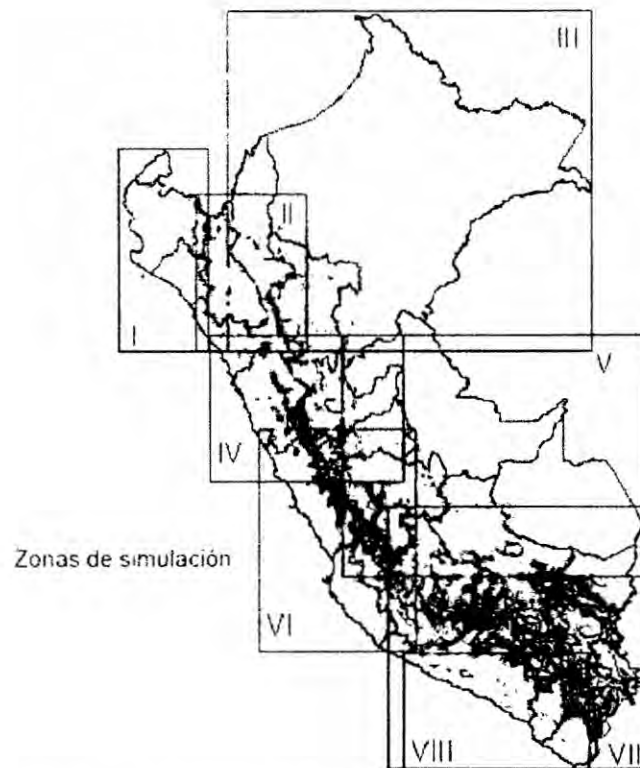


Figura 13: Zonas de simulación.

<http://eliseosebastian.com/irradiacion-en-peru-para-dimensionar-paneles-fotovoltaicos/>

Zona	Latitud (°)		Longitud (°)	
	máxima	mínima	máxima	mínima
I Costa Norte	-3.35	-9.69	-78.27	-81.44
II Sierra Norte	-4.46	-8.32	-78.90	-79.55
III Sierra Norte	0.01	-8.32	-59.89	-78.77
IV Sierra Central	-7.89	-13.82	-74.45	-79.22
V Sierra Sur	-7.41	-13.82	-68.55	-76.87
VI Costa Central	-10.18	-16.00	-74.12	-77.98
VII Sierra Sur	-12.05	-18.38	-68.54	-75.99
VIII Costa Sur	-15.00	-18.38	-68.54	-74.48

Figura 14: Coordenadas de las zonas de simulación establecidas.

#### 2.2.4.2. ESTIMACIÓN DE LA CARGA CONECTADA ACTUALMENTE EN LA FIEE-UNAC.

En la tabla 4 se muestran los datos sobre los tipos y cantidad de cargas conectadas, su potencia promedio, la potencia total demandada por el sistema y el consumo eléctrico diario aproximado calculado en base a una estimación de las horas de uso promedio de cada una de las cargas.

<b>ANÁLISIS DE CARGAS PABELLÓN DE AULAS FIEE-UNAC</b>						
Carga		n	P(W)	Pt(kW)	t(h)	Cd(kWh/día)
		cantidad	Potencia.	Potencia total.	Tiempo en el día	Consumo diario promedio.
1er Piso.	Luminarias.	69	80	5.52	12	66.24
	Computadora.	1	100	0.1	8	0.8
	Proyector.	1	100	0.1	8	0.8
2do Piso.	Luminarias.	82	80	6.56	12	78.72
	Computadora.	2	100	0.2	8	1.6
	Proyector.	2	100	0.2	8	1.6
3er Piso.	Luminarias.	70	80	5.6	12	67.2
	Computadora.	2	100	0.2	8	1.6
	Proyector.	2	100	0.2	8	1.6
4to Piso.	Luminarias.	82	100	8.2	12	98.4
	Computadora.	1	100	0.1	8	0.8
	Proyector.	1	100	0.1	8	0.8
Otras cargas.		1	1000	1	4	4
Ampliación.		1	500	0.5	4	2
Total				28.58		326.16
FS.						0.6
<b>Total</b>				<b>57</b>		<b>196</b>

Tabla 4: Consumo Promedio.

## 2.2.5. EQUIPOS FOTOVOLTAICOS DISPONIBLES EN EL MERCADO.

Para el planteamiento que realizamos son necesarios los siguientes componentes fundamentales:

- Paneles Solares.
- Estructuras de Soporte.
- Baterías.
- Reguladores de Carga.
- Inversor-Cargador.
- Elementos y accesorios para instalación eléctrica interior.

En los anexos consideramos tablas en que se detalla información sobre características y precios de algunos de los principales equipos que se encuentran disponibles actualmente en los mercados. Como no se puede asegurar la disponibilidad de dichos equipos en el mercado de Perú, los datos suministrados en las tablas se emplean como una referencia para la estimación del presupuesto necesario para la implementación del proyecto.

## **2.2.6. DIMENSIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES Y ESTIMACIÓN DEL PRESUPUESTO.**

### **2.2.6.1. TENSIÓN DE LA INSTALACIÓN.**

Los niveles de tensión DC utilizados generalmente en sistemas FV son 12, 24 o 48V. En este caso, debido a que el sistema deberá producir una cantidad considerablemente grande de energía (abastecimiento de cargas de la facultad), se escoge trabajar con una tensión DC de 48 V. La principal ventaja que representa este nivel de tensión es que al aumentar la tensión disminuye la corriente en los conductores que conectan a los paneles por FV, el regulador y la batería, por lo que pueden emplearse cables de sección más pequeña manteniendo la regulación de voltaje dentro de límites aceptables. Una ventaja adicional consiste en que al trabajar a 48 V se colocan más paneles en serie, lo que disminuye la corriente de cortocircuito del sistema y por consiguiente se reduce la corriente máxima que deberá manejar el regulador, con lo que se reducen los costos asociados a la compra de este tipo de equipos.

### **2.2.6.2. CONSUMO ELÉCTRICO REAL.**

El primer paso en el diseño de los componentes consiste en estimar la cantidad total de energía que el sistema de generación deberá poder suministrar a las cargas conectadas en los tableros de la FIEE.

A partir de la tabla 4, se tiene que el consumo eléctrico diario estimado para la FIEE no sobrepasa los 196 kWh por día. Esta cantidad corresponde al consumo eléctrico teórico, por lo que debe calcularse el consumo eléctrico real, definido en la ecuación (2) como la razón entre el consumo eléctrico teórico y el rendimiento global de la instalación, que corresponde a la ecuación (3). Dicho rendimiento global considera distintos factores de pérdida, definidos también en la sección 2.2.2.2. Para el caso que nos ocupa se consideran los siguientes valores:

El coeficiente pérdidas en el acumulador ( $k_b$ ) se toma igual a 0,1 considerando la posibilidad de que se presenten descargas profundas.

El coeficiente de pérdidas en el inversor ( $k_c$ ) tendrá un valor promedio de 0,01 tomando en cuenta que las condiciones de

operación de los inversores podrían ocasionalmente alejarse de los valores nominales, pero que se instalará aparatos de alta calidad.

El coeficiente de pérdidas varias ( $k_v$ ) se considera de 0,15 debido a que la energía generada deberá transmitirse hacia los pisos del pabellón a través de una línea que alcanza aproximadamente los 100 m de longitud en su extremo más lejano, por lo que se generan pérdidas considerables en los conductores AC. Así mismo, la cantidad de energía que deberá generarse en la instalación es considerablemente alta para un voltaje máximo de 48V, lo que implica el uso de cables DC de sección grande y pérdidas resistivas adicionales.

Se considera un coeficiente de auto descarga diaria de las baterías ( $k_a$ ) igual a 0,005; que corresponde a baterías de plomo ácido.

En el diseño de sistemas FV se considera usualmente un valor de diseño de 4 a 6 días de autonomía. Si se aumenta la cantidad de días de autonomía deben incorporarse una mayor cantidad de baterías al banco y aumenta el tiempo que necesita el sistema para poder recargarlas.

En este caso se dispone de red normal dada por el concesionario de electricidad de la zona que funciona y que alimenta las cargas actualmente. Como se pretende usar la red del concesionario como una fuente principal, puede reducirse la cantidad de días de autonomía de la instalación, ya que se pretende que si se agota la energía disponible en las baterías, pueda entrar en servicio la red del concesionario durante un lapso de tiempo para realizar la recarga de las mismas. Por esta razón el sistema se diseñará para que brinde un solo día de autonomía, lo que se traduce en un ahorro ya que se necesitan menos baterías y el sistema sigue siendo autónomo.

Finalmente, la profundidad de descarga diaria de las baterías se escoge de 80% para evitar los daños derivados de las descargas profundas. Considerando los valores dados, se obtiene a partir de la ecuación (3) que el rendimiento global de la instalación en estas condiciones corresponde a un 73,53%; de modo que el consumo real estimado para el sistema es de aproximadamente 266 kWh/día.

### 2.2.6.3. PANELES SOLARES.

A partir de valor de consumo eléctrico real calculado, la cantidad de paneles solares necesarios para el funcionamiento del sistema se calcula considerando que el panel FV deberá ser capaz de abastecer la carga conectada durante el mes con la irradiación solar promedio más baja que es el mes de junio.

De acuerdo con la sección 2.2.4.1 el nivel de radiación para el peor mes en la zona de interés es de 5,5 kWh/m<sup>2</sup>día. Es necesario ahora definir la potencia del panel solar que se empleará para calcular la cantidad total de paneles necesaria, de acuerdo con la ecuación (5).

Los datos de ANEXO 6A muestran que el precio de los paneles aumenta proporcionalmente a la potencia nominal de los mismos. Cuando se emplean paneles de baja potencia el precio por unidad es menor pero se requiere una mayor cantidad de unidades para conforma el generador, pasa lo contrario si escogen paneles de potencias más altas, por lo que la potencia del panel escogido debe lograr un equilibrio entre estos factores. Se escoge entonces que los paneles sean de una potencia promedio cercana a los 200 Wp a 24 V, ya que este es un valor nominal altamente estandarizado que se encuentra fácilmente en los mercados y permite satisfacer los requerimientos de la instalación.

Escogiendo este valor de potencia se requiere, de acuerdo con la ecuación (5), un total de 280 paneles (para conformar grupos de 2 paneles de 24V que permitan operar a 48V). De acuerdo con la ANEXO 6B, el precio promedio de un panel de 200 W ronda los S/.1050 por unidad. Considerando que es una cantidad considerable de paneles, es razonable pensar en una posible rebaja en el precio por unidad a la hora de realizar la compra.

El precio de los paneles suele estar entre el 30 y el 40% del costo total de la inversión, que unido al resto del equipo necesario supone entre el 70 y 75% del costo total, siendo el 25% restante destinado a la ingeniería, administración, y gastos generales.

De acuerdo con la sección 2.2.1.4 los paneles deberán orientarse hacia el sur con una inclinación cercana a los 15°.



#### **2.2.6.4. ESTRUCTURAS DE SOPORTE.**

Si se emplean estructuras de soporte con capacidad para dos módulos, para un total de 280 módulos, se requieren 140 estructuras que de acuerdo con la tabla A1.2 tienen un costo promedio de S/. 600 por estructura. Por lo que deberán destinarse en total S/. 84 000 para la compra de estos equipos.

#### **2.2.6.5. REGULADORES DE CARGA.**

El dimensionamiento del regulador de carga se realiza en base a la corriente de Cortocircuito del generador FV. En este caso tenemos 196 paneles de 200 Wp, la corriente de cortocircuito de un panel de esta potencia es, de acuerdo con hojas de fabricante de varios equipos, de aproximadamente 7 A. Esto implica una corriente máxima de corto circuito del sistema es de 920 A (considerando que los paneles se colocan en grupos de 2 para alcanzar los 48 V). De acuerdo con el ANEXO 6C, los reguladores comerciales no exceden los 50 A de capacidad. En este caso puede realizarse un arreglo en que cada regulador de 50 A controle 7 conjuntos de 2 paneles en serie, es decir serían necesarias 14 unidades que deberán conectarse en paralelo.

Considerando que el valor promedio de un regulador de 50 A, de acuerdo con el ANEXO 6C ronda los S/.8 118, el monto total que deberá emplearse en la compra de reguladores es de aproximadamente S/.81 180.

#### **2.2.6.6. BATERÍAS.**

De acuerdo con la ecuación (7) de la sección 2.2.2.6, empleando el consumo real calculado en la sección 2.2.6.2, una profundidad de descarga del 80% para un voltaje de la instalación de 48V con 1 día de autonomía, se obtiene que la capacidad necesaria del banco de baterías es de 6 930 Ah. Como el banco de baterías deberá operar a 48V y las baterías disponibles son de 12 V, es conveniente definir la capacidad de la batería de forma que el número total de baterías necesarias sea un múltiplo de 4. A partir de los datos sobre precios de baterías que se presentan en las el ANEXO 6E se indica el costo aproximado de varias configuraciones de bancos de distintos tipos de baterías.

Tipo de Batería.	Capacidad (Ah en 100h)	Cantidad	Costo por unidad (S/.)	Costo del banco (S/.)
SLI Bajo Mantenimiento.	250	28	1294	36232

Tabla 5: Costo de Bancos de Baterías.

Asiando el análisis y la elección requerimos 28 baterías. Una mayor inversión en baterías de mayor calidad asegura ventajas como vidas útiles más largas, mejores características de operación ante determinados regímenes de carga y descarga, y menos mantenimiento.

#### 2.2.6.7. INVERSOR.

Tomando como referencia el esquema mostrado en la figura 7 que corresponde a un sistema FV, se observa que el que en este tipo de instalación se requiere que tanto la recarga de baterías como la alimentación de las cargas conectadas pueda realizarse a partir de cualquiera de dos fuentes: el sistema FV o de la red del concesionario. Tal como se mencionó en la sección 2.2.2.7, de la red del concesionario es la red normal que atiende a las cargas, con este proyecto tenemos la posibilidad de hacerlo a través del sistema por FV y el banco de baterías. Para lograr este fin, la configuración del sistema debe realizarse de modo que las cargas puedan alimentarse tanto a partir del inversor conectado al banco de baterías.

Estas limitantes, junto con el hecho de que la potencia instalada en la facultad es cercana a los 60 kW y la potencia máxima de un inversor comercial, de acuerdo con numerosos catálogos, es de 10 kW, por ello necesitamos 6 inversores conectados en paralelo, representaba un problema en la escoger de la topología a utilizar en la instalación a diseñar.

La administración de la energía generada a partir de las dos fuentes puede realizarse mediante un inversor/cargador, que combina las funciones de inversión de la tensión DC proveniente de una fuente fotovoltaica y recarga de las baterías mediante el un circuito de la red normal. Es necesario que dicho aparato tenga también la opción de conexión en paralelo para aumentar la cantidad de potencia que práctica a este problema es la implementación de un equipo de características similares al Inversor/Cargador Phoenix Multi de la marca Victron Energy.

Este equipo permite conectar tanto el banco de baterías como a la red normal, el inversor/cargador, de modo que cuando la energía del sistema FV es insuficiente se conecta a la red normal y el aparato pasa automáticamente de la función de inversor a la función de cargador, suministrando energía a las cargas y realizando la recarga con la energía excedente.

Como la potencia total necesaria para abastecer las cargas es cercana a los 60 kW, será suficiente con conectar 6 inversores cargadores de 60 000 W - 48 V. El precio promedio de uno de estos aparatos es, de acuerdo con el ANEXO 6D cercano a los S/.15 000, por lo que deberá destinarse un total de aproximadamente S/.90 000 para la compra de los inversores.

#### 2.2.6.8. TOPOLOGÍA DEL SISTEMA.

Con los componentes escogidos la topología del sistema es tal como se muestra en la figura 14 (el esquema mostrado es para una autonomía de 1 día, el sistema real contará con 28 baterías).

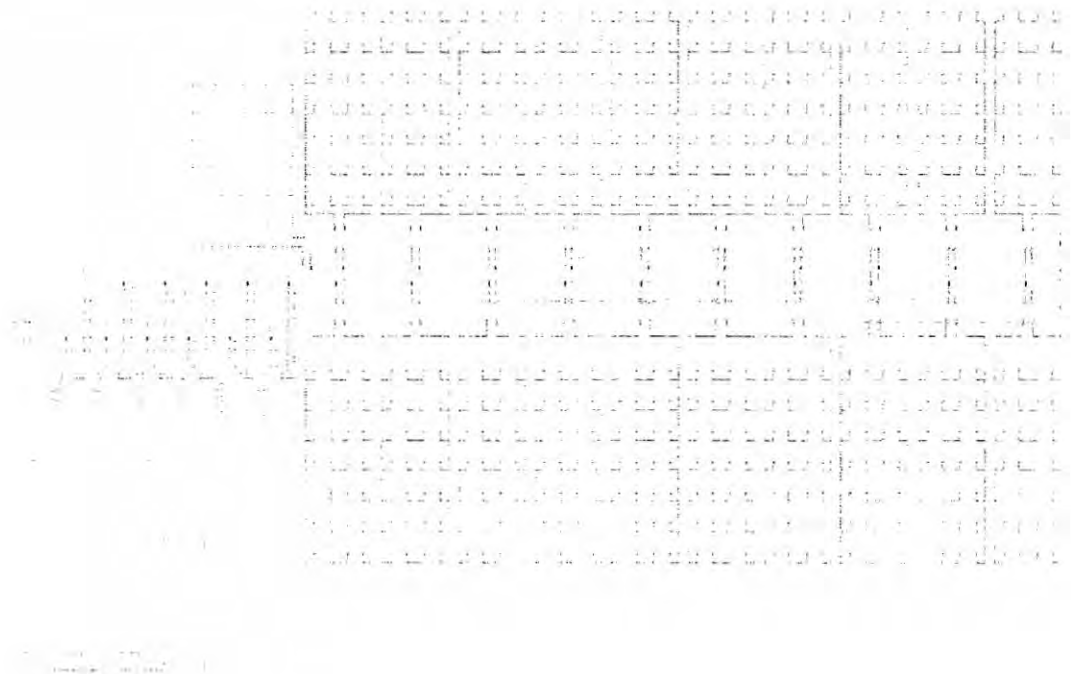


Figura 14: Sistema Fotovoltaico Diseñado.

### 2.2.6.9. CÁLCULO DEL PRESUPUESTO INICIAL TOTAL.

En la tabla 6 se representa la información referente a los precios de los equipos calculados en las secciones anteriores, incluyendo además un 25% del costo a ser destinado a gastos de instalación, ingeniería, gastos administrativos y otros gastos generales. El valor del banco de baterías se toma como el estimado en la tabla 5 para las baterías de menor precio (SLI bajo mantenimiento), una mejor calidad de baterías representa un porcentaje mayor de inversión.

Descripción.	Cantidad	Und.	PU(S/.)	Parcial (S/.)	P.P (S/.)
Paneles.	280	Und.	1050	294000	33.69%
Baterías.	28	Und.	1294	36232	4.15%
Reguladores.	20	Und.	8118	162360	18.61%
Inversor.	6	Und.	15000	90000	10.31%
Estructuras.	140	Und.	600	84000	9.63%
Tablero de Reguladores.	1	Und.	3000	3000	0.34%
Tablero de Barras DC.	1	Und.	6000	6000	0.69%
Gabinete de Baterías.	1	Und.	2000	2000	0.23%
Tablero de barras Cargador.	1	Und.	2000	2000	0.23%
Gabinete para Inversores.	1	Und.	3000	3000	0.34%
Tablero General sistema Fotovoltaico.	1	Und.	4000	4000	0.46%
Tablero de Transferencia.	1	Und.	5500	5500	0.63%
Cables y Cacanalización.	1	Glb.	6000	6000	0.69%
Desarrollo de Ingeniería.			7%	48866	5.60%
Desarrollo del proyecto.			15%	104714	12.00%
Gastos Administrativos.			3%	20943	2.40%
<b>Total.</b>				<b>872615</b>	<b>100%</b>

Tabla 6: Costo del proyecto.

La inversión del proyecto se estimaron, considerando todo el equipamiento existente, dicho costo de inversión puede ser disminuir tomando las consideraciones mencionadas en el anexo 09:

#### **2.2.6.10. POSIBLE FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO.**

FONAM es una institución de derecho privado creada por el Congreso de la República del Perú, mediante Ley N°26793 del año 1997, con el objeto de promover la inversión pública y privada en el desarrollo de planes, programas, proyectos y actividades orientadas al mejoramiento de la calidad ambiental, el uso sostenible de los recursos naturales, y el fortalecimiento de las capacidades para una adecuada gestión ambiental.

FONAM es reconocido por el WB-CF (Negocio de Carbono del Banco Mundial) como el Punto Focal de sus actividades en el Perú en lo referente a la identificación, calificación y manejo de proyectos que puedan ser presentados ante el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para la obtención de Certificados de Emisiones Reducidas (CER's) de gases de efecto invernadero (GEI).

RedSolLAC es una red para Latinoamérica y el Caribe, cuya misión es contribuir al desarrollo y aprovechamiento de la Energía Solar Fotovoltaica. Ello mediante una plataforma de difusión de información, que facilita la cooperación y colaboración mutua de instituciones, empresas, profesionales y personas interesadas.

Los principales objetivos de la Red son:

- Facilitar el acceso a información del recurso solar, tecnologías y plantas fotovoltaicas.
- Proveer información sobre los actores del sector y diversas partes interesadas.
- Generar instancias que fortalezcan nexos entre los distintos actores

De esta forma se potencia la utilización de energías renovables no convencionales como parte de la agenda mundial de mitigación del cambio climático, y se colabora en la misión de lograr un planeta energéticamente sustentable.

Esta plataforma es impulsada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), quien pretende fomentar la inversión en energías renovables con el fin de promover la diversificación de la matriz energética de los países de la región.

ACCIONA es una de las principales corporaciones empresariales españolas, líder en la promoción y gestión de infraestructuras (construcción, industrial, agua y servicios) y energías renovables. Cotiza en el selectivo índice bursátil Ibex-35.

La Fundación ACCIONA Microenergía, y operado por ACCIONA Microenergía Perú. Resultados fueron presentados en Jornada "Acceso Universal a la Energía y Cambio Climático". El acceso universal a la energía es alcanzable con la movilización del sector privado y de las instituciones financieras multilaterales, según José Manuel Entrecanales, Presidente y CEO de ACCIONA.

### 2.3. DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS.

*Epistemología:* Es una disciplina que estudia cómo se genera y se valida el conocimiento de las ciencias.

*Simulación:* Es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital.

*Modelamiento:* Reproducción ideal y concreta de un objeto o de un fenómeno con fines de estudio y experimentación.

*Método:* Es la manera de alcanzar los objetivos o el procedimiento para ordenar la actividad. Cabe destacar que el método se desprende de la teoría.

*Técnica:* Es un conjunto de reglas y operaciones para el manejo de los instrumentos que auxilia al individuo en la aplicación de los métodos.

*Estrategias:* Son acciones propias del investigador para obtener lo que necesita para su investigación.

*Cultura eléctrica:* Entidad de gestión, producción, programación y creación de cosas del conocimiento dimensionales que gobiernan la ingeniería eléctrica.

*C:* Capacidad del Banco de Baterías.

*CA:* Corriente alterna.

*Cb:* Carga total que puede extraerse de la batería.

*CC:* Corriente Directa.

*Cd:* Consumo Diario (Wh/día)

*Cp:* Potencia de captación de un panel fotovoltaico (kWp)

*Cu:* Capacidad Disponible de la batería.

*FV:* Fotovoltaico.

*HPS:* Horas Pico Solares.

*kb:* Coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador.

*kc*: Coeficiente de pérdidas en el inversor.  
*kv*: Coeficiente de pérdidas varias.  
*ka*: Coeficiente de auto descarga diaria de las baterías.  
*N*: Días de autonomía de la instalación.  
*n*: Número de aparatos del mismo tipo.  
*η*: Eficiencia.  
*N<sub>p</sub>*: Número de paneles.  
*P<sub>d</sub>*: Profundidad de descarga de la batería en un ciclo diario.  
*P<sub>dmax</sub>*: Máxima profundidad de descarga de la batería.  
*P*: Potencia (W).  
*PMW*: Modulación por anchura de pulsos.  
*R*: Rendimiento Global de la Instalación Fotovoltaica.  
*H*: Radiación Solar Diaria (kWh/m<sup>2</sup> x día).  
*SLI*: Acrónimo de Starting, Lighting, Ignition; Batería para automóviles.  
*Tipo N*: Semiconductor con cargas mayoritariamente negativas.  
*Tipo P*: Semiconductor con cargas mayoritariamente positivas.  
*V*: Volts, Unidad de medida de caída de tensión.  
*V<sub>dc</sub>*: Volts de corriente directa.  
*W*: Wats, unidad de medida de potencia.  
*Wh*: Watts-hora.  
*Wp*: Watts pico.

### **III. METODOLOGIA.**

#### **3.1. RELACIÓN ENTRE VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.**

**Variable Independiente.**

**X. Paneles Fotovoltaicos.**

**Indicadores:**

- X.1 Económico
- X.2 Demanda Nocturna
- X.3 Cambio Climático
- X.4 Estratégico
- X.5 Competitivo

**Variable Dependiente.**

**Y. Suministro de Respaldo.**

**Indicadores:**

- Y.1 Alternativa
- Y.2 Suministro Interrumpido
- Y.3 Eficiencia
- Y.4 Eficacia

#### **3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.**

**Variable Independiente.**

**X Paneles Fotovoltaicos.**

Pertencen al dominio de esta variable los datos que tienen la propiedad de convertir la energía en electricidad, cuyos indicadores son:

- Económico.
- Demanda Nocturna.
- Cambio Climático.
- Estratégico.
- Competitivo.



El comportamiento de esta variable es importante para lograr eficacia y logro de objetivos para la FIEE-UNAC.

#### **Variable Dependiente.**

#### **Y. Suministro de Respaldo.**

Pertenecen al dominio de esta variable, los datos que tienen la propiedad de constituir una gran alternativa de respaldo, a través de los paneles solares, cuyas celdas se aprovechan del efecto fotovoltaico, mediante el cual la energía luminosa produce cargas positivas y negativas, en dos semi conductos próximos de distinto tipo, por lo que se produce un campo eléctrico con la capacidad de generar corriente. Cuyos indicadores consideramos:

- Alternativa
- Suministro Interrumpido
- Eficiencia
- Eficacia

En relación a los objetivos que hemos anotado para la FIEE-UNAC.

### **3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

Por la naturaleza de la investigación nuestro trabajo corresponde que según clasificación.

- ✓ El presente trabajo es una investigación del tipo descriptiva en el ámbito de la generación electrónica con sistemas fotovoltaicos.
- ✓ La investigación es hipotética pues parte de una hipótesis para demostrar la solución del problema de investigación planteado.
- ✓ La investigación es deductiva pues parte de algo particular y poco a poco mediante el análisis se van integrando más recursos para de esta manera obtener una idea general.
- ✓ La investigación realizada es del tipo transversal y que se realiza en un solo momento temporal y no hay continuidad en el tiempo tiene un inicio y un final.

**Según el objeto de estudio:**

- ✓ **Investigación aplicada** ya que se aplicara los conocimientos de ingeniería y técnica para el provecho de la Universidad.
- ✓ **Investigación en campo** por que se aplicara para resolver una necesidad o problema en un lugar determinado que será en la UNAC.

**Según su técnica de obtención de datos:**

- ✓ **Investigación proyectiva** por que se elaborara una propuesta o modelo y/o proyecto para solucionar un problema.

**Según su ubicación temporal:**

- ✓ **Investigación transversal** El proyecto tendrá una duración de 5 meses.

### **3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.**

Para el desarrollo del presente trabajo se cuenta con todos los implementos necesarios tanto en información bibliográfica como en datos estadísticos según el nivel de necesidad que se tenga, tanto es así, que la estructura que planteamos esta resumida en tres procesos, Análisis de la información, proceso de la información y presentación de resultados.

Cada uno de estos procesos involucra los niveles de sobre tensión y su influencia en la calidad de suministro eléctrico.

La primera etapa para dar solución al problema objeto de investigación, es diseñar "un sistema eléctrico mediante fuentes fotovoltaicas" con apoyo de un equipo de profesionales multidisciplinarios: Ingenieros Electricistas, Electrónicos y otros expertos conocedores sobre el tema.

La segunda etapa es la creación de un menú energético, de consumo de la energía eléctrica con el actual modelo eléctrico de la UNAC.

La tercera etapa es la simulación de la aplicación del sistema eléctrico diseñado en este proyecto para la UNAC.

La cuarta etapa es la obtención de un menú energético de consumo de la energía eléctrica con el modelo planteado en nuestro proyecto.

La quinta etapa es la comparación de los menús energético, esto llevara a la determinación del impacto. Para alcanzar los objetivos, explicar, demostrar, probar y plantear la solución del problema objeto

de estudio formulado en la hipótesis, es prioritario desarrollar las etapas principales siguientes.

Concepción ontológica y formulación sobre la calidad de un diseño y/o modelo eléctrico confiable para el consumo y aplicación de la electricidad en la UNAC.

Acopio de las informaciones científicas tecnológicas referentes a los conocimientos de ingeniería eléctricas y el uso de los materiales adecuados.

Ejecución de los proyectos para el cambio de topología con el apoyo multidisciplinario de profesionales afines al problema objeto de investigación, primordialmente el modelo de la nueva topología y los materiales disponibles en el mercado y de buena calidad.

Determinación de las unidades de análisis y cálculo estadístico del tamaño de la muestra.

### **3.5. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.**

En función a la problemática planteada en el presente trabajo de investigación se plantea:

- ✓ Definir problema.
- ✓ Seleccionar o establecer diseño.
- ✓ Recolección de datos.
- ✓ Análisis e interpretación de resultados.

### **3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA.**

#### **3.6.1. Población.**

La población, está constituida por el total de los estudiantes universitarios de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, más profesores y autoridades de la FIEE-UNAC, que suman 1700

#### **3.6.2. Muestra.**

La muestra se establecerá aplicando la fórmula del muestreo aleatorio simple que es:

Nota: Está fórmula es aplicable, siempre y cuando se conozca el tamaño de la población.

$$n = \frac{S^2}{\frac{E^2}{Z^2} + \frac{S^2}{N}}$$

$$n = \frac{(0.4)^2}{\frac{(0.05)^2}{(1.96)^2} + \frac{0.4^2}{1700}} = 215$$

Nota: Esta fórmula es aplicable, siempre y cuando se conozca el tamaño de la población.

### 3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Los datos se captarán mediante la información que se tiene del de las encuestas realizada en la FIEE-UNAC, esto permitirá tener datos con respecto a la importancia de la implementación de un sistema de generación eléctrica a través de los paneles fotovoltaicos.

General.

A través de este método general histórico conoceremos la evolución histórica que ha experimentado la UNAC en cuanto al consumo de energía; también conoceremos las incidencias solares en el callao para la determinación del uso de fuentes fotovoltaicas, para el mejoramiento del sistema eléctrico y el ahorro de energía.

Específicos:

Se aplicarán los métodos de investigación que a continuación se indican:

Experimental. Durante el proceso de investigación se realizara las encuestas correspondientes.

Matematización. La relación de las variables.

Para construir los instrumentos de medición se buscan métodos rigurosos, se aplican complejos análisis estadísticos y una inmejorable calidad de la información que debe ser presentada con las exigencias de cuantificación, verificación y control.

Nuestro método de investigación es cuantitativo, por la forma de investigación realizada.

El procedimiento estadístico a ser aplicado en esta investigación para explicar, demostrar y verificar lo planteado en la hipótesis, consistirá primeramente en el desarrollo y estructuración del instrumento encuesta a ser aplicado en las facultades de la UNAC, en dichas unidades, se simulara la aplicación del sistema eléctrico mediante fuentes fotovoltaicas para evaluar la mejora a desmejora del sistema eléctrico, así como la visualización del ahorro de energía.

Asimismo, en dicho instrumento - encuesta estructurada - se formularán interrogantes relacionados a la inclusión de nuevas alternativas para la mejora del sistema eléctrico dentro de la UNAC, también la inclusión de la cultura eléctrica básica en los usuarios de la electricidad, para que se pueda lograr el uso masivo de las fuentes de energías limpias.

#### **Etapas cuantitativa.**

Para el desarrollo de esta etapa se utilizó la etnografía. La principal fuente fue el uso de informantes (personal encargado del mantenimiento del UNAC, como el ingeniero encargado y el personal técnico, los alumnos de la FIEE-UNAC). Técnica de investigación y diseño de instrumento para la recopilación de información. La técnica cualitativa a utilizar es la entrevista, mediante un guion dirigido a los informantes.

### **3.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.**

Se utilizara la estadística descriptiva y cuantitativa, por consiguiente sus indicadores que analizaremos se mencionan a continuación:

- Funcionamiento del esquema eléctrico de la población estudiada.
- Pruebas para la determinación de los parámetros eléctricos a tomar en cuenta.

- Relación de equipos y materiales a utilizar para la implementación y materialización de la Hipótesis.
- Nuevo diseño del esquema eléctrico.
  
- Se utilizara la estadística descriptiva y la inferencial por medio de sus indicadores tales como:
  - ✓ Modelo a utilizar
  - ✓ Tipo de componentes Electrónicos.
  - ✓ Tipos de panel fotovoltaicos.
  - ✓ Diseño del sistema eléctrico.
  - ✓ Otros.

## **IV. RESULTADOS.**

### **4.1. Resultados Parciales**

#### **4.1.1. Aplicación Método deductivo e inductivo de la investigación.**

El método de investigación aplicado de lo general a lo específico, nos ha permitido llegar a resultados parciales, es decir desde **el planeamiento de la investigación, la formulación del problema principal, secundarios, objetivos general y específicos**, las **hipótesis general, específicos**, como las variables independientes y dependientes, así como sus indicadores respectivos hemos arribado a resultados preliminares de nuestra investigación.

Haciendo hincapié fundamentalmente a nuestro problema principal, la correlación de variables independiente y dependiente es decir:

- **Variable Independiente**  
**X. Paneles fotovoltaicos.**
- **Variable Dependiente**  
**Y. suministro de respaldo a la FIEE-UNAC**

La variable independiente paneles fotovoltaicos, constituye la variable de la realidad problemática, y que a su vez constituye la alternativa de solución hipotética a la conversión de la luz solar a energía eléctrica, convirtiéndose así en un verdadero suministro de respaldo para los intereses de la facultad eléctrica y electrónica de la FIEE-UNAC.

Por otro lado sus indicadores tanto de la variable independiente como dependiente, nos garantiza la efectividad y aprobación de nuestro trabajo de investigación.

Los resultados finales se establecerán con la interpretación de los resultados, que ha arrojado las respectivas encuestas como los gráficos estadísticos, que a su vez servirán para el Capítulo V Discusión de resultados, en relación al problema de investigación, como los resultados finales de la discusión del problema, y que a su vez servirán para plasmar las conclusiones y recomendaciones

de significación, para la implementación de los paneles fotovoltaicos en nuestra Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la FIEE-UNAC.

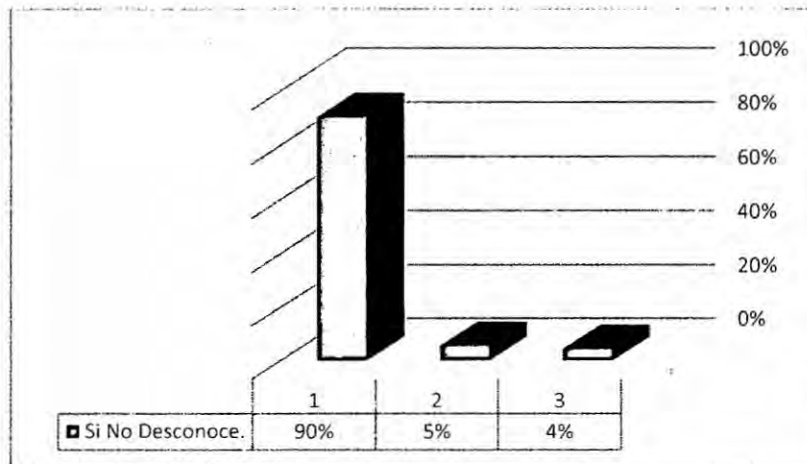
## 4.2. Resultados Finales

### 4.2.1. Interpretación de las encuestas a la Facultad de la FIEE-UNAC, tomando en cuenta los gráficos estadísticos

- a. ¿Ud. cree que la implementación de los paneles fotovoltaicos, como alternativa de respaldo al suministro eléctrico de la FIEE-UNAC, es importante?

#### RESULTADO:

Alternativa	Total Parcial	%
Si	194	90%
No	12	5%
Desconoce.	9	4%
Totales	215	100%



#### INTERPRETACIÓN:

Si analizamos la información que nos presenta la pregunta encontramos que el 90% de los encuestados están de acuerdo que la implementación de los paneles fotovoltaicos, como alternativa de respaldo al suministro electrónico de la FIEE-UNAC es importante, mientras que el 5% manifestaron desconocer, sumando así el total de muestra estadística.

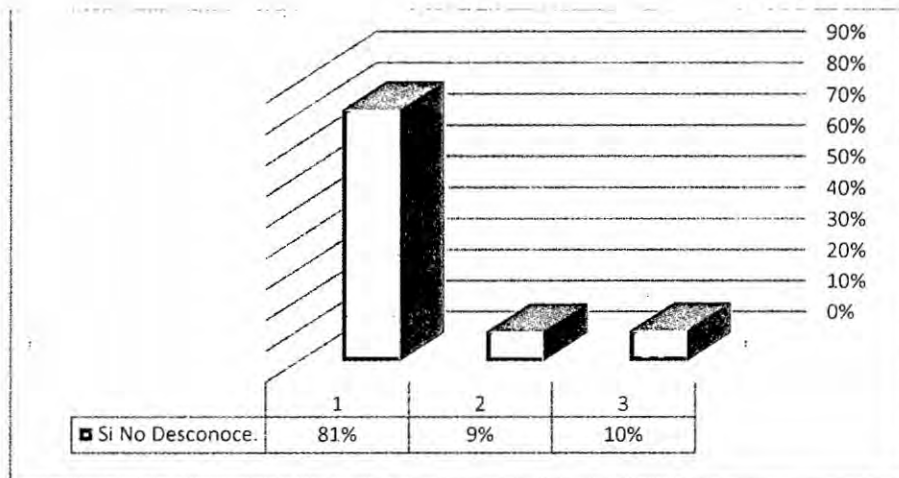


Al interpretar los datos presentado en la tabla y el gráfico correspondiente, se aprecia que casi la totalidad de los encuestados, están convencidos en la implementación de este sistema eléctrico de energía solar, para satisfacer la demanda nocturna de iluminación en la FIEE-UNAC.

b. ¿Cree Ud. que el sistema fotovoltaico contribuirá en la continuidad del servicio eléctrico en la FIEE – UNAC, toda vez que exista corte de energía por parte del concesionario eléctrico, por diversos factores?

**RESULTADO:**

Alternativa	Total Parcial	%
Si	174	81%
No	20	9%
Desconoce.	21	10%
Totales	215	100%



**INTERPRETACIÓN:**

Es importante que lo opinado por los encuestados, demuestra que el 81%, estima que la implementación del sistema fotovoltaico garantiza la continuidad del servicio eléctrico en la FIEE-UNAC, es necesario, el 99% tuvo puntos de vista contrarios, y un 10%,

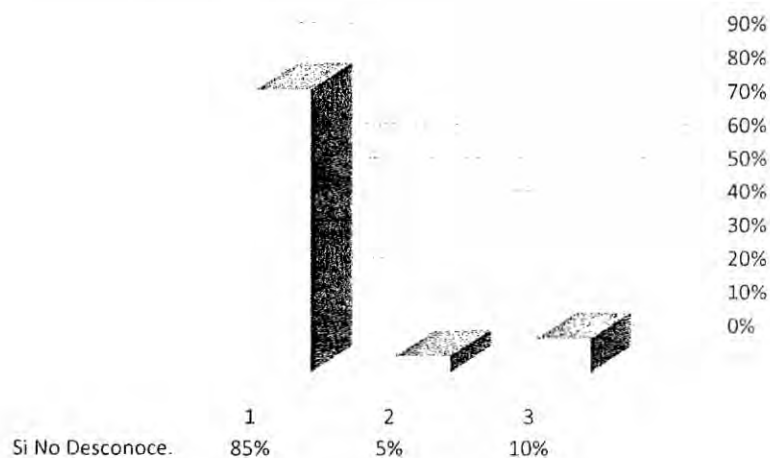
manifestó que desconocían este importante sistema de energía solar, totalizando el 100% de la muestra.

De lo anotado en líneas arriba, se desprende que la mayoría de los encuestados están de acuerdo con el mencionado sistema fotovoltaicos, garantizara la continuidad del servicio eléctrico FIEE-UNAC.

- c. ¿Estima Ud. que el sistema que convierte la luz solar en electricidad es importante por las noches para la FIEE-UNAC, toda vez que la energía suministrada por el concesionario eléctrico, se interrumpe por diversos factores (fallas en el sistema eléctrico)?

**RESULTADO:**

Alternativa	Total Parcial	%
Si	182	85%
No	11	5%
Desconoce.	22	10%
Totales	215	100%



**INTERPRETACIÓN:**

Al preguntar a alumnos tomados en cuenta en la muestra, si el sistema que convierte la luz solar en electricidad es importante

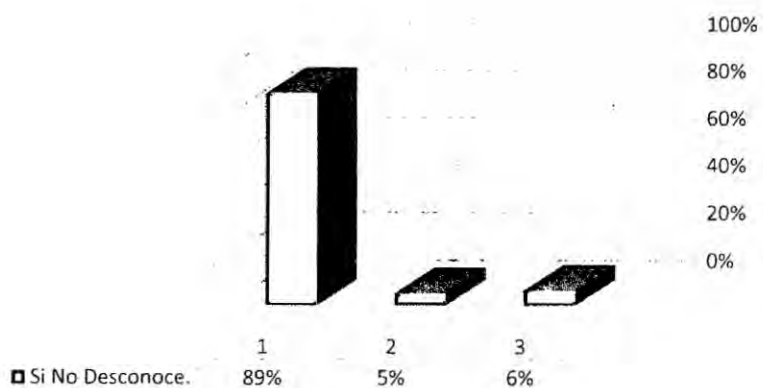
para la FIEE-UNAC, el 85% respondió que sí, el 5%, no estuvo de acuerdo, el 10% manifestó desconocer el referido sistema eléctrico solar en beneficio de la entidad universitaria.

No cabe duda que los paneles fotovoltaicos en los horarios nocturnos, es muy importante para la facultad en estudio como para toda la universidad en su conjunto, para ser usado en cualquier circunstancia que la situación lo requiere, como por ejemplo en un apagón general del servicio eléctrico convencional. Convirtiéndose así en un sistema eficaz, de suministro de respaldo para la entidad universitaria.

d. ¿Considera Ud. que este sistema fotovoltaico, contribuirá en forma positiva a la mitigación de la contaminación ambiental?

**RESULTADO:**

Alternativa	Total Parcial	%
Si	192	89%
No	10	5%
Desconoce.	13	6%
Totales	215	100%



**INTERPRETACIÓN:**

Sobre este particular, el cual se encuentra dirigida la pregunta, el 89%, indicó que el sistema fotovoltaico sí contribuirá de una

manera efectiva, a la contaminación ambiental de la entidad en estudio. Por otro lado un 5%, manifestó no estar de acuerdo, y un 6%, dijo desconocer el referido sistema solar convertido en electricidad.

De acuerdo a los resultados encontrados, es notorio que la mayoría de los encuestados coinciden que contribuirá en forma eficaz a minimizar los efectos negativos de la contaminación ambiental, de la institución en investigación.

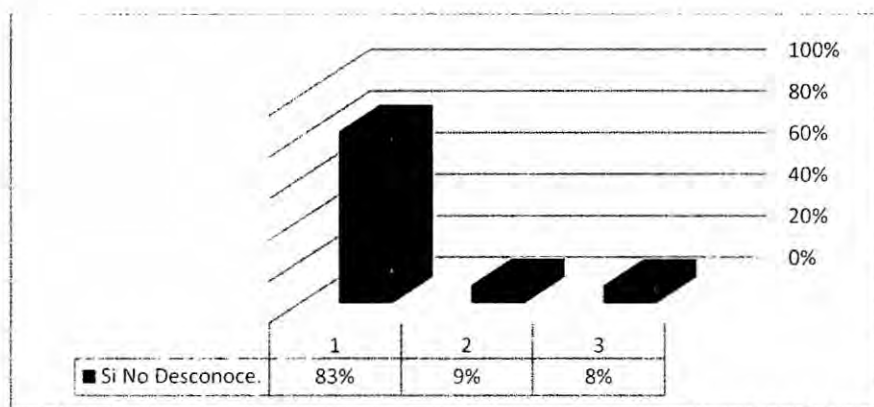
Por otro lado las organizaciones ecológicas de otras latitudes, han manifestado que la energía solar fotovoltaica podría suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial, hasta el año 2030, gracias al avance tecnológico del mundo.

Concluimos entonces que el referido sistema fotovoltaico, es en realidad un sistema de respaldo, para nuestra facultad y para la universidad en su conjunto.

e. ¿En su opinión considera que sería una estrategia de parte de la Universidad Nacional del Callao, implementar este sistema fotovoltaico para beneficiar a la FIEE-UNAC?

**RESULTADO:**

Alternativa	Total Parcial	%
Si	178	83%
No	19	9%
Desconoce.	18	8%
Totales	215	100%



### **INTERPRETACIÓN:**

En relación a este punto, y si se considera que debería ser una estrategia de parte de la universidad, implementar el sistema fotovoltaico para beneficiar a la FIEE-UNAC, los encuestados respondieron que sí, es decir un 83%, mientras que un 9%, contestó negativamente, y un 8% dijo desconocer el mencionado sistema solar eléctrico.

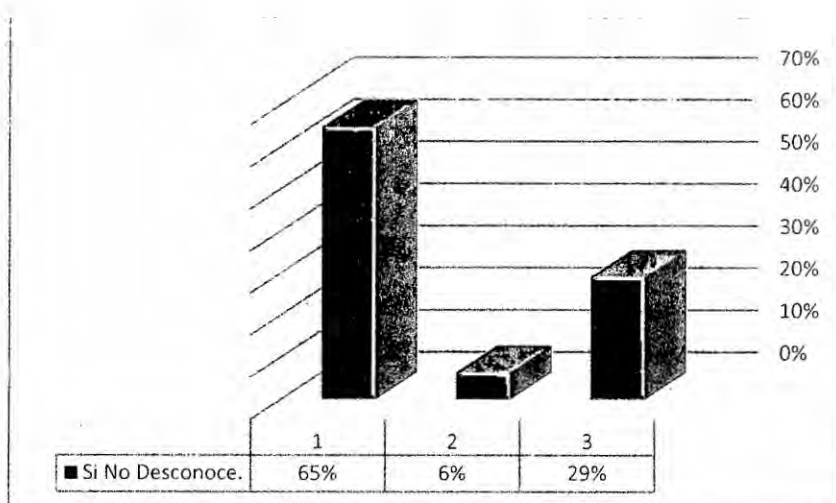
Es de anotar que igualmente la mayoría de los entrevistados en relación a la muestra, aprueban que la universidad debe mejorar su gestión en materia de energía solar convertida en electricidad, para un mejor beneficio de la FIEE-UNAC como de la universidad en su conjunto.

Para ello la más alta autoridad de la universidad, debería considerar en su plan estratégico estas políticas de gran utilidad, para nuestra casa de estudios, porque constituye realmente un suministro de respaldo para la entidad en estudio.

- f. ¿Cree Ud. que en atención a las experiencias exitosas, el sistema fotovoltaico es competitivo en relación a la energía convencional y que favorecerá a la FIEE-UNAC?

### **RESULTADO:**

<b>Alternativa</b>	<b>Total Parcial</b>	<b>%</b>
Si	139	65%
No	14	6%
Desconoce.	63	29%
Totales	215	100%



### INTERPRETACIÓN:

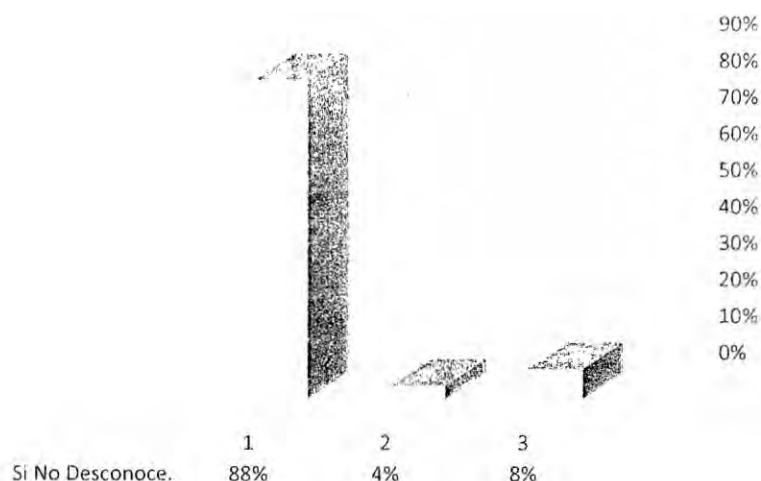
En relación a la pregunta, si el sistema fotovoltaico es exitoso y competitivo, en relación a la energía convencional, el 65%, manifestó, mientras el 6%, dijo que no, y un 29%, respondió desconocer el referido sistema de electricidad, sumando así el 100% de la muestra.

De acuerdo a los resultados encontrados, se observa que un % importante opina que el sistema fotovoltaico es competitivo, eficaz, económico entre otros beneficios, y contribuye a un sistema de respaldo de la institución en estudio.

g. ¿Considera Ud. que el sistema fotovoltaico constituye un suministro de respaldo de electricidad, y que sería de utilidad a la FIEE-UNAC?

### RESULTADO:

Alternativa	Total Parcial	%
Si	188	88%
No	8	4%
Desconoce.	18	8%
Totales	215	100%



### INTERPRETACIÓN:

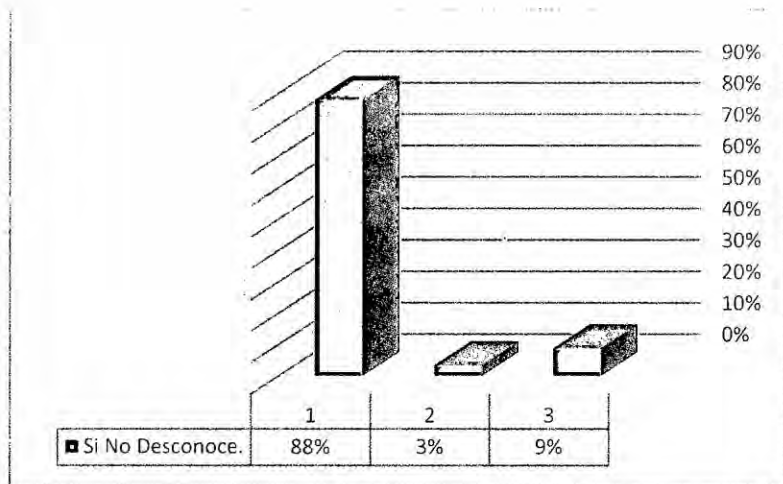
En cuanto a si el sistema fotovoltaico constituye un suministro de respaldo de electricidad, los encuestados contestaron con un 88%, que si y un 4%, que no, y un 28% que desconoce tal sistema solar, sumando así el 100% de los encuestados.

Es de anotar que el sistema fotovoltaico es una variable independiente de la realidad, y que en la medida que sea eficaz contribuirá de manera efectiva como un suministro de respaldo de electricidad para la FIEE-UNAC, en investigación.

h. ¿Entonces los paneles fotovoltaicos, se puede decir que es una alternativa efectiva, moderna, y limpia que genera energía eléctrica, y es una opción de respaldo a la distribución eléctrica de la FIEE-UNAC?

### RESULTADO:

Alternativa	Total Parcial	%
Si	189	88%
No	7	3%
Desconoce.	19	9%
Totales	215	100%



### INTERPRETACIÓN:

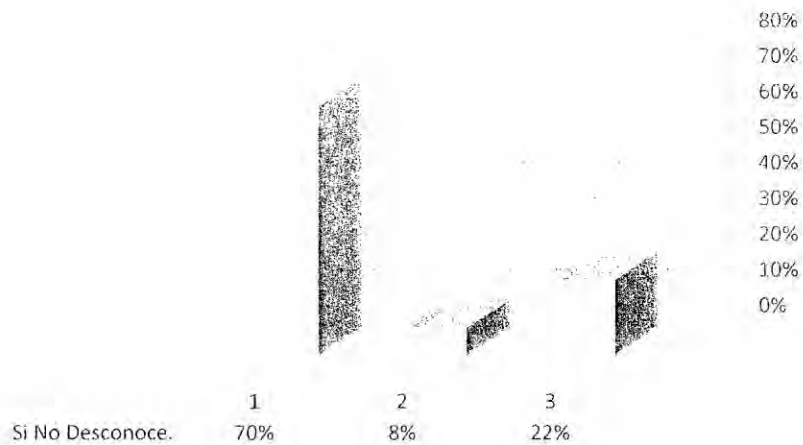
En relación a la pregunta anotada se aprecia que un 88%, contesta que sí es una buena alternativa de energía, mientras que solo un 3%, opina que no, y por otro lado un 9%, dice desconocer, totalizando así un 100% de la muestra. Analizando la información que nos muestra la pregunta, la mayoría de los encuestados la aprueba, siendo así un gran beneficio para nuestra casa de estudios.

- i. ¿Ud. considera que el sistema fotovoltaico, contribuye a un suministro interrumpido del uso de la energía convirtiéndolo así en una alternativa de suministro de respaldo para la FIEE-UNAC?

### RESULTADO:

Alternativa	Total Parcial	%
Si	151	70%
No	18	8%
Desconoce.	46	22%
Totales	215	100%





**INTERPRETACIÓN:**

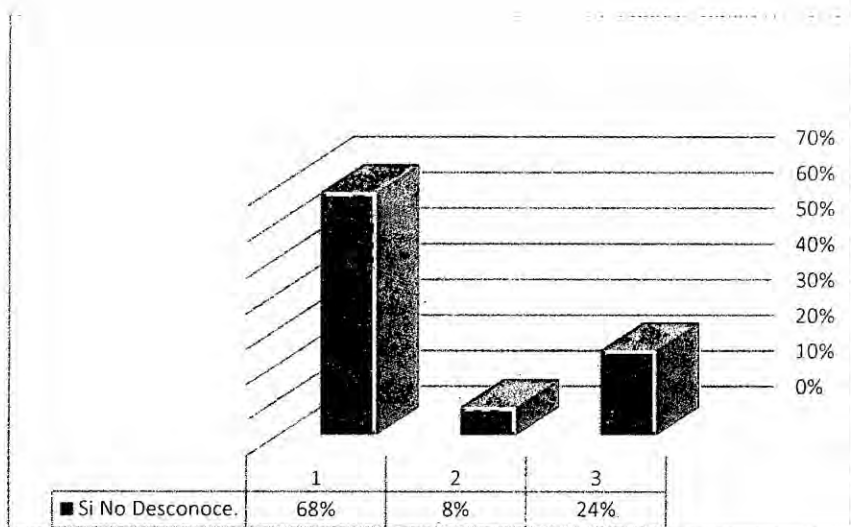
Si observamos la parte estadística y gráfica de la pregunta el 70%, señala que sí, mientras que un 8% dice que no, y un 22% desconoce la pregunta.

Si interpretamos adecuadamente un gran %, acepta que el sistema fotovoltaico es en realidad un suministro ininterrumpido, y que es un eficaz respaldo para nuestra institución de estudios, y que debía convertirse en una realidad.

- j. ¿En su opinión el sistema fotovoltaico es eficiente, eficaz, para una mejor productividad en el uso de la energía para el logro de los objetivos del suministro de respaldo para la FIEE-UNAC?

**RESULTADO:**

Alternativa	Total Parcial	%
Si	147	68%
No	17	8%
Desconoce.	51	24%
Totales	215	100%



### INTERPRETACIÓN:

En lo concerniente a la pregunta, los encuestados aprueban con un 68%, los que se abstienen de opinar 8%, y los que desconocen la pregunta 24%, haciendo el total de la muestra.

Al interpretar la información en líneas arriba, es también importante notorio que la mayoría aprueba que la energía solar convertido en electricidad mejora la productividad, la eficiencia, y sobre todo a la economía, y consecuentemente los objetivos de nuestra institución en estudio.

#### 4.3. Comentario de cumplimiento de los objetivos de la investigación.

Nuestro trabajo de investigación refleja la esencia de nuestro planeamiento del problema, así como la idea expresada en el título de nuestra investigación, e igualmente constituye el desagregado de nuestro problema principal como secundarios, y también nos ha servido para el planteamiento de nuestra hipótesis y variables de la realidad problemática. En concreto nuestro objetivo nos ha permitido conocer, evaluar la problemática en relación al sistema fotovoltaico, y que en la realidad constituye el suministro de respaldo para la FIEE-UNAC en estudio, a su vez nos ha permitido desagregar aspectos relacionados con las

variables e indicadores para una adecuada formulación hipotética, para la realización de las respectivas encuestas y gráficos estadísticos para probar nuestra investigación.

#### **4.4. Verificación y cumplimiento de las hipótesis y variables de la investigación.**

Como se observará nuestra hipótesis como variables, han sido desarrollados tomando en cuenta las variables de la realidad, anotadas en el título de nuestra investigación, y que han servido para llegar al informe final de los resultados parciales, como los resultados finales enmarcadas en las encuestas y gráficos estadísticos, que nos permite llegar a la discusión del problema, como resultados finales de las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## **V. DISCUSION DE RESULTADOS.**

### **5.1. Discusión del problema de investigación.**

Como se anota en nuestro proyecto de investigación en el punto 1.1. Identificación del Problema, en que todas las universidades del mundo realizan investigación y/o demuestran a través de la construcción de prototipos en su misma sede, que es su lugar de estudios sobre modelos de sistemas de generación de electricidad, a través de energías renovables como el sistema fotovoltaico, cuyos beneficios son importantes desde el punto de vista económico, facilita la demanda nocturna, que es más asequible al medio ambiente, que es estratégico y competitivo hacia los objetivos e intereses de nuestra facultad de ingeniería eléctrica y electrónica (FIEE-UNAC), y que a su vez constituye realmente un suministro de respaldo, para un mejor cumplimiento de los objetivos de nuestra institución educativa a nivel superior. Pero que esto no está ocurriendo en nuestra realidad por un problema de gestión estratégica de nuestra universidad.

### **5.2. Importancia de los resultados finales en relación a la discusión del problema.**

#### **Importancia.**

Entre los objetivos importantes y novedosos que encontramos, en nuestros hallazgos en la interpretación de los resultados finales, está relacionada a la variable independiente "Paneles fotovoltaicos", como uno de los mejores inventos modernos que proviene del campo de la electricidad, y que como hemos anotado constituye un efectivo suministro de respaldo (variable dependiente), cuyos resultados que describimos en el punto 4.2. Resultados finales, relacionadas a las encuestas en que encontramos una aprobación importante como: 90%, 81%, 85%,

89%, 83%, 65%, 88%, 88%, 70% y 68%, en atención a las preguntas de la muestra estadística.

Como podemos apreciar hemos encontrado resultados halagadores sobre la efectividad de este sistema, que consiste la luz en electricidad, y que también tiene múltiples ventajas en relación a la energía convencional, sobre todo contribuyendo en el cambio climático, en la economía, en su eficiencia, entre otros beneficios de este sistema de electricidad, y que requiere su implementación siempre que se mejore los planes estratégicos de la Universidad Nacional del Callao.

## VI. CONCLUSIONES.

- ✓ La implementación de un sistema fotovoltaico en la FIEE – UNAC, resulta ser una alternativa de fuente de suministro de energía eléctrica, asumiendo así la demanda eléctrica del pabellón de aulas de forma continua en los horarios nocturnos y cada vez que se presenten cortes de energía por diversos factores (fallas en generación, transmisión y distribución de la energía).
- ✓ El sistema fotovoltaico, está diseñada para entregar al pabellón de aulas de la FIEE – UNAC, la energía eléctrica que requiera en todo momento, convirtiéndose así un perfecto suministro respaldo.
- ✓ Los paneles fotovoltaicos, al generar energía eléctrica no contaminan el medio ambiente, no producen alteraciones negativas en el ambiente que se encuentran instalados; por las razones mencionadas y otras virtudes de los paneles fotovoltaicos, la energía eléctrica obtenida de estos paneles es considerada energía limpia.
- ✓ Con las ventajas mencionadas, y las leyes vigentes en temas medioambientales podemos hacer realidad la implementación del sistema fotovoltaico en la FIEE – UNAC.

## VII. RECOMENDACIONES.

- ✓ Se recomienda incluir al sistema de energía solar electrónico, el monitoreo a distancia con sistema GSM la cual mediante mensajes de texto nos dé un reporte del estado de funcionamiento, falla o avería del sistema.
- ✓ Se recomienda incluir 02 sistemas de protección de puesta a tierra unos para el generador solar y otro para los equipos de electrónica y potencia protegiendo así la integridad de los equipos y nuestra integridad física, el diseño debe estar orientado a conseguir 5 ohmios como máximo, según norma técnica peruana.
- ✓ Se recomienda a las personas interesadas en los sistemas electrónicos fotovoltaicos conectados a la red eléctrica seguir investigando y adquiriendo conocimientos acerca de las nuevas tecnologías existentes (Paneles solares, inversores de potencia, y acumuladores de energía).
- ✓ En última instancia, ante aumentos grandes en el consumo, puede optarse por la adición de más paneles y reguladores que se conectan en paralelo a los ya existentes. Estas características reflejan las numerosas ventajas de estos sistemas en lo referente a autonomía y flexibilidad de los mismos.
- ✓ Se recomienda, para disminuir los costos de inversión planteada en la investigación del sistema fotovoltaico, realizar el reemplazo de todas las luminarias convencionales del pabellón de aulas que es 80W por la nueva tecnología tipo LED de 36W, así como también disminuir la autonomía del sistema a 5 horas diarias(5pm – 10pm). Ver anexo 09.

## VIII. BIBLIOGRAFIA.

1. TAFUR PORTILLA, RAÚL. La Tesis Universitaria. Primera Edición. Editorial Mantaro. Pp. 397. Lima Perú. 1995.
2. TORRES BARDALES, Coloníbol. El Proyecto de Investigación Científica. Segunda Edición. G. Herrera Editores. Pp.251. Lima Perú. 1998.
3. TORRES BARDALES, Coloníbol. Metodología de la Investigación Científica. Sexta Edición. G. Herrera Editores. Pp. 376. Lima Perú. 1998.
4. MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. Manual de Uso Racional y Eficiente de la Energía Eléctrica. Lima, Ediciones MEM, 1999.
5. Dimensionamiento de una central eólica para la electrificación rural, Hernán Villa Liceta.
6. Aprovechamiento de la energía Eólica para electrificación de localidades aisladas en el Perú Jorge Zuazo Iorogo.
7. Energía Solar Fotovoltaico en el distrito de Orcotuna Región Junín, presentado por el MG. Óscar Tacza Casallo. RESOLUCION RECTORAL N° 619-09-R, CALLAO.
8. Electrificación Rural a base de Energía Fotovoltaica en el Perú – proyecto PER/98/G31 , Johannes (Jan) H.A. van den Akker, Ministerio de Energía y Minas, Perú, Setiembre de 2008.
9. DAMAS NIÑO M. Proyecto de Tesis I Marzo 2013. Informe final. Para estudiantes de ingeniería eléctrica y electrónica y ramas afines.
10. DAMAS NIÑO, Marcelo Nemesio. Tesis Doctoral. La formación profesional del ingeniero electricista peruano en la época actual. Fortalezas, debilidades y alternativa de mejora. Edición propia. Pp. 350. Lima Perú. 2007.
11. DAMAS NIÑO, Marcelo Nemesio. Separatas de Tesis – I y Tesis – II. Edición propia. Pp. 50. Lima Perú. 2010.
12. RAFAEL CAMPOS CRUZADO Director Técnico del SENAMHI  
Atlas de energía solar del Perú dirección general de investigación y asuntos ambientales proyecto per/98/g31: electrificación rural a base de energía fotovoltaica en el Perú.



# ANEXOS

**ANEXO-01: Matriz de Consistencia.**

TITULO DEL PROYECTO: "PANELES FOTOVOLTAICOS, COMO SUMINISTRO DE RESPALDO AL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN LA FIEE DE LA UNAC"				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOS
<p><b>Problema Principal.</b> ¿De qué manera la aplicación de un sistema de energía solar (paneles fotovoltaicos) contribuiría como suministro de respaldo al método eléctrico de la FIEE-UNAC?</p> <p><b>Problemas Secundarios.</b> ¿En qué medida los paneles Fotovoltaicos serían más convenientes en términos económicos, en relación a los costos de la energía convencional y constituiría un adecuado suministro de respaldo a la FIEE – UNAC? ¿Cómo favorecería los paneles fotovoltaicos en la satisfacción de la demanda nocturna, toda vez que en esas horas la energía convencional llega a su punto más alto, convirtiéndose así en un eficaz suministro de respaldo a la FIEE – UNAC? ¿En qué medida los paneles fotovoltaicos son convenientes para minimizar los efectos negativos de la contaminación de medio ambiente, producido en la generación convencional de la energía eléctrica, coadyuvando así como un eficaz suministro de respaldo a la FIEE – UNAC? ¿Cómo la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, debería sugerir a la más alta autoridad de la Universidad, que este sistema solar paneles fotovoltaicos, se constituya en la realidad como el eficaz suministro de respaldo de la FIEE – UNAC?</p>	<p><b>Objetivo General.</b> Conocer, evaluar la problemática anotada en relación a la implementación de un sistema solar paneles fotovoltaicos. ¿En qué medida los paneles Fotovoltaicos serían más convenientes en términos económicos, en relación a los costos de la energía convencional y constituiría un adecuado suministro de respaldo a la FIEE – UNAC? ¿Cómo favorecería los paneles fotovoltaicos en la satisfacción de la demanda nocturna, toda vez que en esas horas la energía convencional llega a su punto más alto, convirtiéndose así en un eficaz suministro de respaldo a la FIEE – UNAC? ¿En qué medida los paneles fotovoltaicos son convenientes para minimizar los efectos negativos de la contaminación de medio ambiente, producido en la generación convencional de la energía eléctrica, coadyuvando así como un eficaz suministro de respaldo a la FIEE – UNAC? ¿Cómo la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, debería sugerir a la más alta autoridad de la Universidad, que este sistema solar paneles fotovoltaicos, se constituya en la realidad como el eficaz suministro de respaldo de la FIEE – UNAC?</p>	<p>Si el sistema de energía solar Paneles Fotovoltaicos son coherentes, entonces inciden favorablemente en la constitución de un Suministro de Respaldo a la FIEE – UNAC, en estudio.</p> <p><b>Hipótesis Secundarias.</b> La implementación del Sistema Fotovoltaico como una alternativa para el mejor uso de la energía es importante, sobre todo actualmente con los adelantos de la electricidad y la electrónica, los costos se han reducido, constituyendo así un positivo Suministro de Respaldo a la FIEE, como a la universidad en su conjunto.</p> <p>El uso de paneles fotovoltaicos en horarios nocturnos, es de gran utilidad, toda vez que estaría disponible a cualquier contingencia de falta de energía convencional, como a otros beneficios anotados, respondiendo así a un importante suministro de respaldo para la FIEE-UNAC.</p> <p>La eficacia de los paneles fotovoltaicos, gracias a su tecnología didáctica electrónica, reduce sustancialmente los efectos invernales de la contaminación ambiental, a diferencia de la generación convencional de la energía eléctrica generada convencionalmente, constituyen un verdadero suministro de respaldo para la FIEE-UNAC, en estudio.</p> <p>La Ley General del Ambiente N° 28611 del 15-10-2005, anota que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir, a estudiar en ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, en consecuencia la Universidad del Callao, debe considerar en su planificación estratégica la implementación de los paneles fotovoltaicos como un suministro de reemplazo para la FIEE-UNAC en su conjunto.</p>	<p><b>X: Paneles Fotovoltaicos.</b> <b>Y: Suministro de Respaldo.</b></p>	<p>La investigación abarcará las técnicas de diseño que se emplean actualmente para la elaboración de proyectos de este tipo. Como un complemento en la etapa de diseño del sistema, se espera realizar consultas a profesionales con experiencia. Se aplican los métodos de investigación. Apiada, campo y proyectiva</p>

## ANEXO-02:

### ENCUESTA

Instrucciones:

Al aplicar la presente técnica de la encuesta, busca recoger información importante relacionado con el tema de investigación **“PANELES FOTOVOLTAICOS COMO SUMINISTRO DE RESPALDO AL SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA EN LA FIEE – UNAC”**, al respecto, se le pide que las preguntas que a continuación se acompaña, elegir la alternativa que considere correcta, marcando para tal fin con una aspa (X) al lado derecho, tu aporte será de mucho interés en este trabajo de investigación. Se agradece tu participación:

1. ¿Ud. cree que la implementación de los paneles fotovoltaicos son importantes y es una alternativa de respaldo a la electricidad para la FIEE – UNAC?

- a) Si ( )  
b) No ( )  
c) Desconoce ( )

Justifique su respuesta: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. ¿Cree Ud. que el sistema fotovoltaico contribuirá en la continuidad del servicio eléctrico en la FIEE – UNAC, toda vez que exista corte de energía por parte del concesionario eléctrico, por diversos factores?

- a) Si ( )  
b) No ( )  
c) Desconoce ( )

¿Por qué?: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. ¿Estima Ud. que este sistema que convierte la luz en electricidad es importante en las noches para la FIEE-UNAC, toda vez que la energía convencional tiende a agotarse por la gran demanda por la ciudad?

- a) Si ( )  
b) No ( )  
c) Desconoce ( )

¿Por qué?: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. ¿Considera Ud. que este sistema fotovoltaico, contribuirá en forma importante mitigar los efectos del cambio climático?

a) Si ( )

b) No ( )

c) Desconoce ( )

¿Por qué?: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. ¿En su opinión considera que sería una estrategia y un modelo de la universidad nacional del Callao implementar este sistema fotovoltaico para beneficiar a la FIEE-UNAC?

a) Si ( )

b) No ( )

c) Desconoce ( )

¿Por qué?: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. ¿Cree Ud. que en atención a experiencias exitosas este sistema fotovoltaico es competitivo en relación a la energía convencional ejemplo EDELNOR y que favorece a la FIEE – UNAC?

a) Si ( )

b) No ( )

c) Desconoce ( )

¿Por qué?: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7. ¿Considera Ud. que el sistema fotovoltaico constituye un suministro de respaldo de electricidad y que sería de utilidad a la FIEE – UNAC?

a) Si ( )

b) No ( )

c) Desconoce ( )

¿Por qué?: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8. ¿Entonces los paneles fotovoltaicos, se puede decir son una alternativa moderna que producen electricidad y será parte de distribución eléctrica para la FIEE – UNAC?

- a) Si ( )
- b) No ( )
- c) Desconoce ( )

¿Por qué?: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

9. ¿Ud. considera que el sistema fotovoltaico contribuye a un suministro interrumpido del uso de la energía convirtiéndolo en una alternativa confiable en la FIEE- UNAC?

- a) Si ( )
- b) No ( )
- c) Desconoce ( )

¿Por qué?: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

10. ¿En su opinión el sistema fotovoltaico es eficiente eficaz para una mejor productividad en el uso de la energía para el logro de los objetivos como suministro de respaldo para la FIEE-UNAC?

- a) Si ( )
- b) No ( )
- c) Desconoce ( )

¿Por qué?: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## **ANEXO-03: NORMATIVA**

### **Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)**



#### **IEC 61215/EN 61215 y IEC 61215. 2 – Envejecimiento de módulos fotovoltaicos**

El IEC 61215 cubre los parámetros que son responsables del envejecimiento de los módulos fotovoltaicos. Esto incluye todas las fuerzas de la naturaleza:

1. Rayos UV (ultravioleta), incluida la luz del sol
2. Diferencial ambiental de humedad y temperatura
3. De carga mecánica (granizo, la succión del viento, la presión del viento) y los parámetros de la nieve (carga distribuida) que son los responsables del envejecimiento de los módulos fotovoltaicos) Para la norma IEC 61215 de certificación, se aplican 2400 Pa de carga uniforme. Sin embargo, al instalar paneles solares en zonas con mucha nieve, **un aumento de la capacidad de carga a 5400 Pa** es recomendable. Esto ha sido incluido en la norma IEC 61215 ed. 2. Hoy en día muchos fabricantes fotovoltaicos están de acuerdo con este requisito. De hecho, los instaladores de energía solar que hacen la instalación en zonas con mucha nieve deben utilizar paneles solares con una mayor capacidad de carga: 5400 Pa

Ver:

#### **IEC 61646 – Thin-Film módulos PV**

La certificación IEC 61646 es de módulos fotovoltaicos de capa o película fina y es en muchos aspectos idéntica a la norma internacional IEC 61215 para módulos cristalinos. Una prueba adicional certifica la degradación del comportamiento del silicio amorfo debido a la temperatura y la exposición a la radiación.

Ver:

#### **IEC 61730/EN 61730 – Cualificación de la seguridad de los módulos**

La IEC/EN 61730 en fotovoltaica (PV) es la cualificación de la seguridad del módulo, que posteriormente fue publicada como la norma europea EN 61730 (casi similares). La norma IEC/EN 61730 consta de 2 partes: La primera parte abarca todos los requisitos para la construcción y las diferentes características de construcción obligatoria de los módulos. La segunda parte consta de los requisitos para las pruebas y define tres clases diferentes de aplicación del diseño de un módulo, especificando el tipo de uso, las pruebas de cualificación y los relacionados con las modificaciones resultantes de clase de seguridad eléctrica.

Ver:

## **IEC 60364-4-41 – Protección contra descargas eléctricas**

Protección contra el “choque eléctrico” para instalaciones de baja tensión eléctrica, y que describe las medidas de seguridad personal para los sistemas eléctricos. Para los sistemas fotovoltaicos sugiere un aislamiento total y que requiere un aislamiento especial de los módulos fotovoltaicos (de acuerdo a la Seguridad Clase II) sobre la base de los siguientes requisitos:

1. Durabilidad
2. Alta resistencia dieléctrica
3. Estabilidad mecánica
4. Aislamiento de espesor suficiente y las distancias

Ver: [IEC 60364-4-41](#)

## **IEC 62108 – Concentrador de módulos fotovoltaicos**

Un certificado especial para el PCCh es necesario, porque la alta concentración de la irradiancia solar a través de lentes o espejos, son las mayores causas de estrés en un equipo. La norma IEC 62108 especifica los criterios para la calificación del diseño y la homologación del tipo de concentrador de módulos fotovoltaicos y ensamblado adecuado para operaciones a largo plazo, y en general, en instalaciones al aire libre. El primer certificado del mundo para esta tecnología IEC 62108 se publicó en junio de 2009 para SolFocus, con sede en California.

Ver: [IEC 62108](#)

## **IEC 61701 – Resistencia al salitre en módulos fotovoltaicos**

Las instalaciones solares que están operando en un ambiente altamente corrosivo, como cerca del mar, deben llevar un certificado de los paneles, con la resistencia de los paneles fotovoltaicos contra los efectos corrosivos del salitre. La certificación de los paneles a la corrosión es una buena idea, en caso de que la instalación de módulos fotovoltaicos estén cerca de las costas o en las aplicaciones marítimas, tales como módulos flexibles para embarcaciones de recreo, pequeñas embarcaciones, barcos, boyas, faros y señalización marítima.

Ver: IEC 61701 (no disponible)

## **Building Integrated Solar Panels – BIPV**

En la integración arquitectónica, actualmente no existe un estándar de certificación de edificios que integran paneles solares, sin embargo, esto cambiará pronto. Por ejemplo, Suntech, espera una certificación IEC para mediados de este año. Suntech tiene la gama de productos MSK Solar Design Line, para BIPV.

## ANEXO-04: VALORES DE LA VELOCIDAD DE VIENTO EN EL PERÚ

**Tabla 250-1.A**  
**Viento y temperatura para las zonas de carga A, B y C**  
(Para ser utilizado con la Regla 250.B)

<b>Zona de Carga</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
	<b>Liger</b>	<b>Regula</b>	<b>Fuert</b>
	<b>a</b>	<b>r</b>	<b>e</b>
Velocidad horizontal del viento	19,5 m/s (70 km/h)	22,2 m/s (80 km/h)	25 m/s (90 km/h)
Temperatura	20 °C	15 °C	10 °C

*NOTA: Pueden presentarse casos especiales donde las condiciones climatológicas extremas sean diferentes a las indicadas en este Código. Podrán utilizarse valores diferentes siempre y cuando se disponga del sustento técnico de un estudio de ingeniería reconocido por los años de experiencia suficientes para garantizar la vida de la instalación dentro de los estándares internacionales. Así mismo, se podrá utilizar valores diferentes a los indicados en este Código siempre y cuando la experiencia dentro de lo práctico posible haya demostrado suficiencia en lo que se haya venido utilizando, pero –en todo caso- siempre deberá tenerse presente la posibilidad de los cambios climatológicos que se viene suscitando.*





MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS  
DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD

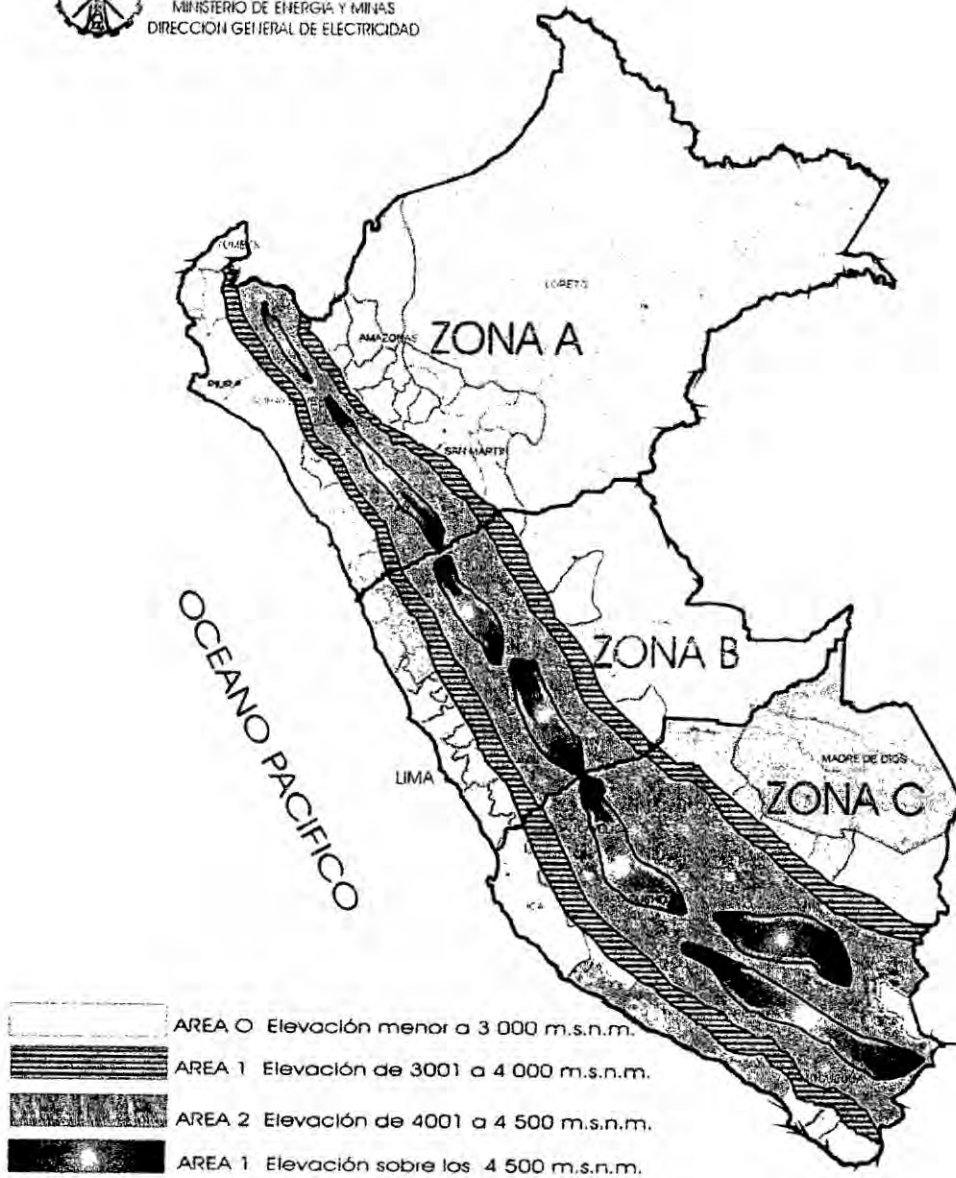


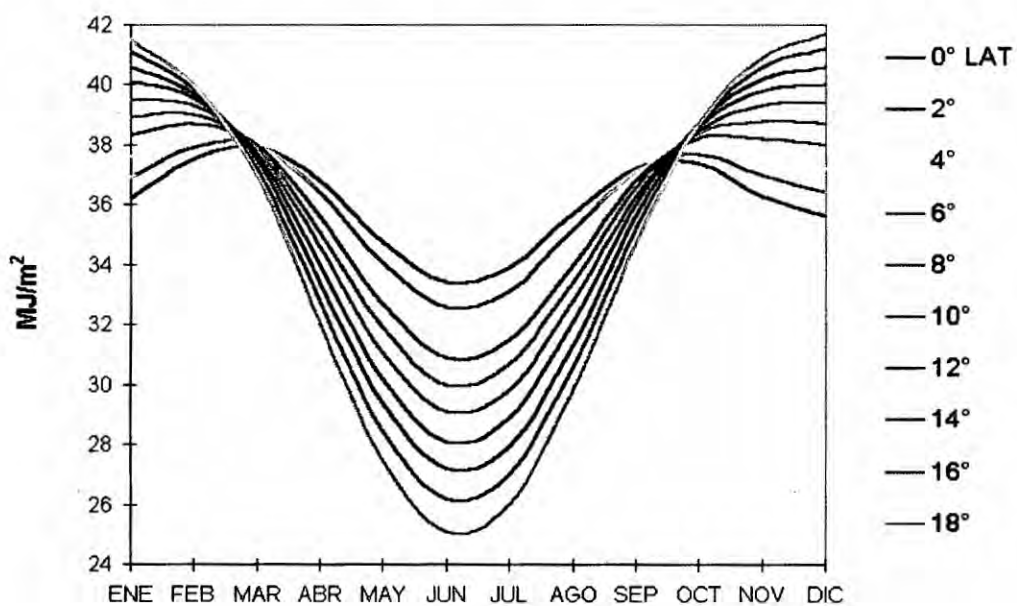
Figura 250-1  
Ubicación de las zonas de carga en el Perú

## ANEXO-05: VALORES DE IRRADIACIÓN EN EL PERÚ.

### ANEXO-5 A: Cuadro de conversión de unidades utilizadas en solarimetría

Unidad de Origen	Factor de corrección multiplicar por	Unidad de destino
kW h/m <sup>2</sup>	85,984194	cal/cm <sup>2</sup>
	3,6	MJ/m <sup>2</sup>
MJ/m <sup>2</sup>	277,777778	W h/m <sup>2</sup>
J/cm <sup>2</sup>	2,777778	W h/m <sup>2</sup>
	0,238845	cal/cm <sup>2</sup>
kJ/m <sup>2</sup>	0,0238845	cal/cm <sup>2</sup>
J/m <sup>2</sup>	0,000277778	W h/m <sup>2</sup>
Ly = cal/cm <sup>2</sup>	11,622447	W h/m <sup>2</sup>
	0,0418682	MJ/m <sup>2</sup>

**ANEXO-5 B: Irradiación solar extraterrestre - Hemisferio Sur.**



## ANEXO-06: COSTO DE EQUIPAMIENTO.

### ANEXO-06A: LISTA DE PRECIOS DE PANELES SOLARES

Modelo	Distribuidor	Descripción	Potencia Nominal (W)	Voltaje Nominal (V)	Precio S/.
Isofoton I-5	Agridrovert Solar	-----	5	12	72.72
PAN 5/12	Solener	Monocristalino	5	12	167.90
Isofoton I-10	Agridrovert Solar	-----	10	12	111.96
PAN 10/12	Solener	Monocristalino	10	12	1119.36
Photowatt PW 100	Agridrovert Solar	-----	12	12	139.92
Inxaxal SM50S	Enervolt Solar	Monocristalino	12	12	122.45
PAN 20/12	Solener	Monocristalino	20	12	326.14
Isofoton I-22	Agridrovert Solar	-----	22	12	188.65
Photowatt PW 200	Agridrovert Solar	-----	22	12	211.59
Inxaxal SM100S	Enervolt Solar	Monocristalino	27	12	194.52
Photowatt PW 400-1	Agridrovert Solar	-----	42	12	270.29
Isofoton I-47	Agridrovert Solar	-----	47	12	260.25
Isofoton I-50	Agridrovert Solar	-----	50	12	276.77
Photowatt PW 400-2	Agridrovert Solar	-----	52	12	327.62
Isofoton I-55	Agridrovert Solar	-----	55	12	311.54
Inxaxal S220/SM55	Enervolt Solar	Monocristalino	55	12	334.48
PAN 55/12	Solener	Monocristalino	55	12	318.75
Inxaxal SM200S	Enervolt Solar	Monocristalino	56	12	311.41
PAN PW850 65/12	Solener	Monocristalino	65	12	382.22
Photowatt PW 850-1	Agridrovert Solar	-----	75	12	440.24
Photowatt PWX 850-1	Agridrovert Solar	-----	75	12	498.25
PAN 75/12	Solener	Monocristalino	75	12	409.52
PAN S-80/12	Solener	Monocristalino	80	12	423.17
Photowatt PW 850-2	Agridrovert Solar	-----	85	12	498.94
Photowatt PWX 850-2	Agridrovert Solar	-----	85	12	556.95
Inxaxal SM340S	Enervolt Solar	Monocristalino	85	12	474.43
Isofoton I-94	Agridrovert Solar	-----	94	12	499.89
Isofoton I-94	Agridrovert Solar	-----	94	24	499.89
Photowatt PW 1000-1	Agridrovert Solar	-----	95	24	573.33
Isofoton I-100	Agridrovert Solar	-----	100	12	523.68
Isofoton I-100	Agridrovert Solar	-----	100	24	523.68
Isofoton I-100MC	Agridrovert Solar	-----	100	12	563.36
Isofoton I-100MC	Agridrovert Solar	-----	100	24	563.36
Photowatt PW 1000-2	Agridrovert Solar	-----	100	24	586.98
Inxaxal SM400SP	Enervolt Solar	Monocristalino	100	12	593.40
PAN 100/12-24	Solener	Monocristalino	100	12/24V	603.36
Isofoton I-106	Agridrovert Solar	-----	106	12	558.41
Isofoton I-106	Agridrovert Solar	-----	106	24	558.41
Isofoton I-106MC	Agridrovert Solar	-----	106	12	570.40
Isofoton I-106MC	Agridrovert Solar	-----	106	24	570.40
PAN 106/MC/12-24	Solener	Monocristalino	106	12/24V	657.97
Isofoton I-110	Agridrovert Solar	-----	110	12	576.39
Isofoton I-110	Agridrovert Solar	-----	110	24	576.39

Isofoton I-110MC	Agridrovert Solar	-----	110	12	588.80
Isofoton I-110MC	Agridrovert Solar	-----	110	24	588.80
Photowatt 1250-1MC	Agridrovert Solar	-----	115	18	655.24
PAN KY 120/12	Solener	Monocristalino	120	12	657.97
PAN KY 120/12	Solener	Monocristalino	120	12	573.33
Photowatt PW 1250-2MC	Agridrovert Solar	-----	125	18	709.84
Inxaxal SM500S	Enervolt Solar	Monocristalino	125	12	647.29
PANMIT 130/MC/12	Solener	Policristalino	130	-----	819.05
PANMIT 130/MC/12	Solener	Policristalino	130	-----	682.54
Photowatt PW 1650-1	Agridrovert Solar	-----	155	24	921.43
Photowatt PW 1650-1MC	Agridrovert Solar	-----	155	24	933.71
PAN SHELL 155	Solener	Policristalino	155	-----	828.98
Isofoton I-159	Agridrovert Solar	-----	159	12	838.05
Isofoton I-159MC	Agridrovert Solar	-----	159	12	858.25
Isofoton I-165	Agridrovert Solar	-----	165	12	846.24
Isofoton I-165MC	Agridrovert Solar	-----	165	12	869.11
Photowatt PW 1650-2	Agridrovert Solar	-----	165	24	979.44
Photowatt PW 1650-2MC	Agridrovert Solar	-----	165	24	993.09
PAN SHELL 175	Solener	Policristalino	175	-----	890.13
SOLARWORLD SW175-C	JHRoerden	Monocristalino	175	24	922.79
SOLARWORLD SW185-C	JHRoerden	Monocristalino	185	24	974.67
SOLARWORLD SW195-C	JHRoerden	Monocristalino	195	24	1027.2
SOLARWORLD SW 165-C	JHRoerden	Policristalino	165	24	869.55
SOLARWORLD SW 175-C	JHRoerden	Policristalino	175	24	922.79
<b>SOLARWORLD SW 200-C</b>	<b>JHRoerden</b>	<b>Policristalino</b>	<b>200</b>	<b>24</b>	<b>1050.4</b>
SOLARWORLD SW 210-C	JHRoerden	Policristalino	210	24	1103.6
SOLARWORLD SW 220-C	JHRoerden	Policristalino	220	24	1156.2
KYOCERA 40T-1	JHRoerden	Policristalino	40	12	222.51
KYOCERA 85T-1	JHRoerden	Policristalino	85	12	418.40
KYOCERA 130GHT-2	JHRoerden	Policristalino	130	12	612.92
KYOCERA 175GHT-2 Voc	JHRoerden	Policristalino	175	23.6	823.82
KYOCERA 200GHT-2 Voc	JHRoerden	Policristalino	200	32.9	941.90
CIS WÜRTH SOLAR 5,5	JHRoerden	-----	5.5	12	67.28
CIS WÜRTH SOLAR 12	JHRoerden	-----	12	12	726.27
CIS WÜRTH SOLAR 23	JHRoerden	-----	23	12	192.24
CIS WÜRTH SOLAR 55	JHRoerden	-----	55	12	373.27
CIS WÜRTH SOLAR 75	JHRoerden	-----	75	24	442.16
SM 106	JHRoerden	Amorfo	2	12	17.16
SM AL 118	JHRoerden	Amorfo	6	12	42.60
SM AL 136 A	JHRoerden	Amorfo	12.5	12	74.70

**ANEXO-06B: LISTA DE PRECIOS ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA PANELES**

<b>Distribuidor</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad de Módulos</b>	<b>Potencia Módulos (Wp)</b>	<b>Precio S/.</b>
Biosolar	Cubierta Inclínada	1	30,40,45	417.62
Biosolar	Cubierta Plana	1	30,40,45	541.62
Biosolar	Cubierta Plana	1	30,40,45	541.62
Biosolar	Cubierta Inclínada	1	55,60,65,70	438.46
Biosolar	Cubierta Plana	1	55,60,65,70	570.06
Biosolar	Cubierta Plana	1	55,60,65,70	569.92
Biosolar	Cubierta Inclínada	1	70,75,80,85	462.76
Biosolar	Cubierta Plana	1	70,75,80,85	600.09
Biosolar	Cubierta Plana	1	70,75,80,85	600.09
Biosolar	Cubierta Inclínada	1	110,120,130,140	451.98
Agridrovert Solar	Estructura metálica acero galvanizado	1	-----	172.91
Enervolt Solar	Estructura Aluminio anodizado	1	-----	1263.61
Biosolar	Cubierta Inclínada	2	30,40,45	452.43
Biosolar	Cubierta Plana	2	30,40,45	583.57
Biosolar	Cubierta Plana	2	30,40,45	583.57
Biosolar	Cubierta Inclínada	2	55,60,65,70	476.32
Biosolar	Cubierta Plana	2	55,60,65,70	614.29
Biosolar	Cubierta Plana	2	55,60,65,70	614.29
Biosolar	Cubierta Inclínada	2	70,75,80,85	501.35
Biosolar	Cubierta Plana	2	70,75,80,85	646.59
Biosolar	Cubierta Plana	2	70,75,80,85	646.59
<b>Biosolar</b>	<b>Cubierta Inclínada</b>	<b>2</b>	<b>110,120,130,140,200</b>	<b>5997.78</b>
Enervolt Solar	Estructura Aluminio anodizado	2	-----	1656.29
Biosolar	Cubierta Inclínada	3	30,40,45	808.13
Biosolar	Cubierta Plana	3	30,40,45	1021.44
Biosolar	Cubierta Plana	3	30,40,45	1021.44
Biosolar	Cubierta Inclínada	3	55,60,65,70	850.58
Biosolar	Cubierta Plana	3	55,60,65,70	1075.23
Biosolar	Cubierta Plana	3	55,60,65,70	1075.23
Biosolar	Cubierta Inclínada	3	70,75,80,85	895.40
Biosolar	Cubierta Plana	3	70,75,80,85	1131.79
Biosolar	Cubierta Plana	3	70,75,80,85	1131.79
Agridrovert Solar	Estructura metálica acero galvanizado	4	-----	1251.32
Agridrovert Solar	Estructura metálica acero galvanizado, suelo	4	-----	1274.07
Agridrovert Solar	Estructura metálica acero galvanizado, suelo	4	-----	1296.82
Agridrovert Solar	Estructura metálica acero galvanizado, suelo	4	-----	1410.58

**ANEXO-06C: LISTA DE PRECIOS DE LOS REGULADORES**

<b>Modelo</b>	<b>Distribuidor</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Precio \$/.</b>
-----	Biosolar	3	12 V	206.40
-----	Biosolar	5	12 V	252.27
SOLSUM 5.0	Agridrovert Solar	5	12/24V	154.71
SOLSUM 5.0C	JHRoerden	5	12/24V	161.08
SOLSUM 6.6	Agridrovert Solar	6	12/24V	191.11
SLX 0606 N	Agridrovert Solar	6	12/24V	400.42
SOLSUM 6.6C	JHRoerden	6	12/24V	200.89
SOLSUM 8.0	Agridrovert Solar	8	12/24V	209.31
SOLSUM 8.8	Agridrovert Solar	8	12/24V	245.71
SOLARIX ALPHA	Agridrovert Solar	8	12/24V	313.97
SOLARIX ZETA	Agridrovert Solar	8	12/24V	500.53
SOLSUM 8.0C	JHRoerden	8	12/24V	215.27
SOLSUM 8.8C	JHRoerden	8	12/24V	270.19
SOLARIX ALPHA	JHRoerden	8	12/24V	315.20
-----	Biosolar	10	12/24V	603.91
ISOLER 10	Agridrovert Solar	10	12/24V	277.43
ISOLER D10	Agridrovert Solar	10	12/24V	534.75
SOLARIX 10B10	Agridrovert Solar	10	12/24V	682.54
SOLARIX 10L10	Agridrovert Solar	10	12/24V	955.55
SLX 1010 N	Agridrovert Solar	10	12/24V	455.03
SOLSUM 10.10C	JHRoerden	10	12/24V	291.22
STECA PR1010	JHRoerden	10	12/24V	508.22
SOLARIX ST10L10 LCD	JHRoerden	10	12/24V	942.18
SOLARIX ST20B20	JHRoerden	10	12/24V	956.01
SOLARIX GAMMA	Agridrovert Solar	12	12/24V	373.12
SOLARIX JOTA	Agridrovert Solar	12	12/24V	564.23
SOLARIX GAMMA	JHRoerden	12	12/24V	373.12
-----	Biosolar	15	12/24V	718.58
STECA PR1515	JHRoerden	15	12/24V	604.68
-----	Biosolar	20	12/24V	840.89
ISOLER 20	Agridrovert Solar	20	12/24V	397.60
ISOLER D20	Agridrovert Solar	20	12/24V	664.34
SOLARIX SIGMA	Agridrovert Solar	20	12/24V	455.03
SOLARIX DELTA	Agridrovert Solar	20	12/24V	655.24
SOLARIX 20B20	Agridrovert Solar	20	12/24V	932.80
SOLARIX 20L20	Agridrovert Solar	20	12/24V	1228.57
SOLARIX SIGMA	JHRoerden	20	12/24V	476.05
STECA PR2020	JHRoerden	20	12/24V	707.61
SOLARIX ST20L20 LCD	JHRoerden	20	12/24V	1163.87
-----	Biosolar	30	12/24V	993.78
ISOLER 30	Agridrovert Solar	30	12/24V	510.95
ISOLER D30	Agridrovert Solar	30	12/24V	752.39

ISOLER 30 SD	Agridrovert Solar	30	12/24V	1084.65
SOLARIX OMEGA	Agridrovert Solar	30	12/24V	591.53
SOLARIX THETA	Agridrovert Solar	30	12/24V	773.54
RSL 30/12/24	Solener	30	12/24V	528.56
RSL 30/12/24	Solener	30	12/24V	432.27
RSD 30/12/24	Solener	30	12/24V	728.04
RSD 30/12/24	Solener	30	12/24V	637.04
TAROM 430	Agridrovert Solar	30	48V	1592.59
SOLARIX OMEGA	JHRoerden	30	12/24V	604.68
STECA PR3030	JHRoerden	30	12/24V	836.29
TAROM 235	Agridrovert Solar	35	12/24V	1160.32
SOLARIX TAROM 235	JHRoerden	35	12/24V	1260.83
RSD 40/24/48	Solener	40	24/48V	910.05
STECA SOLARIX 2401	JHRoerden	40	12/24V	1064.76
STECA SOLARIX 4401	JHRoerden	40	48 V	1224.02
SOLARIX TAROM 440	JHRoerden	40	48 V	1674.50
TAROM 245	Agridrovert Solar	45	12/24V	1365.08
SOLARIX TAROM 245	JHRoerden	45	12/24V	1453.85
RSD 50/12/24	Solener	50	12/24V	864.55
RSD 50/12/24	Solener	50	12/24V	796.30
SOLARIX POWER TAROM 4110	JHRoerden	110/92	48 V	10395.57
SOLARIX POWER TAROM 2140	JHRoerden	140/116	12/24V	9211.96
SOLARIX POWER TAROM 4140	JHRoerden	140/70	48 V	11903.48
<b>SOLARIX POWER TAROM 4055</b>	<b>JHRoerden</b>	<b>55/46</b>	<b>48 V</b>	<b>8118.35</b>
SOLARIX POWER TAROM 2070	JHRoerden	70/58	12/24V	7114.79



**ANEXO-06D: LISTA DE PRECIOS DE INVERSORES**

Modelo	Distribuidor	Voltaje DC de Admisión (V)	Potencia Continua (W)	Voltaje CA de Salida (V)	Tipo de Onda Salida	Precio S/.
-----	Biosolar	12	150 W	-----	Senoidal pura	336.43
-----	Biosolar	24	150 W	-----	Senoidal pura	336.43
-----	Biosolar	12	300 W	-----	Senoidal pura	416.06
-----	Biosolar	24	300 W	-----	Senoidal pura	416.06
-----	Biosolar	12	700 W	-----	Senoidal pura	1092.93
-----	Biosolar	24	700 W	-----	Senoidal pura	1092.93
-----	Biosolar	12	1000 W	-----	Senoidal pura	1570.69
-----	Biosolar	24	1000 W	-----	Senoidal pura	1570.69
-----	Biosolar	12	1500 W	-----	Senoidal pura	2167.91
-----	Biosolar	24	1500 W	-----	Senoidal pura	2167.91
-----	Biosolar	12	2000 W	-----	Senoidal pura	2585.97
-----	Biosolar	24	2000 W	-----	Senoidal pura	2585.97
-----	Biosolar	12	3000 W	-----	Senoidal pura	3979.50
-----	Biosolar	24	3000 W	-----	Senoidal pura	3979.50
MegaRed 12220100	Digofat	12	100 W	220	-----	1098.89
MegaRed 12220250	Digofat	12	250 W	220	-----	1417.41
Luxell 12220400	Digofat	12	300 W	220	-----	692.78
MegaRed 12220500	Digofat	12	500 W	220	-----	2038.52
Luxell 12220700	Digofat	12	500 W	220	-----	987.41
MegaRed 12220750	Digofat	12	750 W	220	-----	2611.85
<b>Inversores Conexión Paralelo</b>						
Phoenix 12/1000	Victron	12	1000W	230	Senoidal	1776.33
Phoenix 12/1600	Victron	12	1600W	230	Senoidal	2372.15
Phoenix 12/2500	Victron	12	2500W	230	Senoidal	3079.70
Phoenix 12/3000	Enervolt Solar	12	3000W	230	Senoidal	5656.68
Phoenix 24/1600	Victron	24	1600W	230	Senoidal	2419.59
Phoenix 24/3000	Victron	24	3000W	230	Senoidal	3507.12
Phoenix 24/3000	Enervolt Solar	24	3000W	230	Senoidal	3089.63
Phoenix 48/1500	Victron	48	3000W	230	Senoidal	5656.66
<b>Inversores/Cargadores para Conexión en Paralelo</b>						
Poenix Multi C 12/800	Victron	12	800 W,35-16A	230	Senoidal	1502.61
Poenix Multi C 24/800	Victron	24	800 W,35-16A	230	Senoidal	1502.61
Poenix Multi C 24/1200	Victron	24	1200 W, 25-16A	230	Senoidal	1783.70

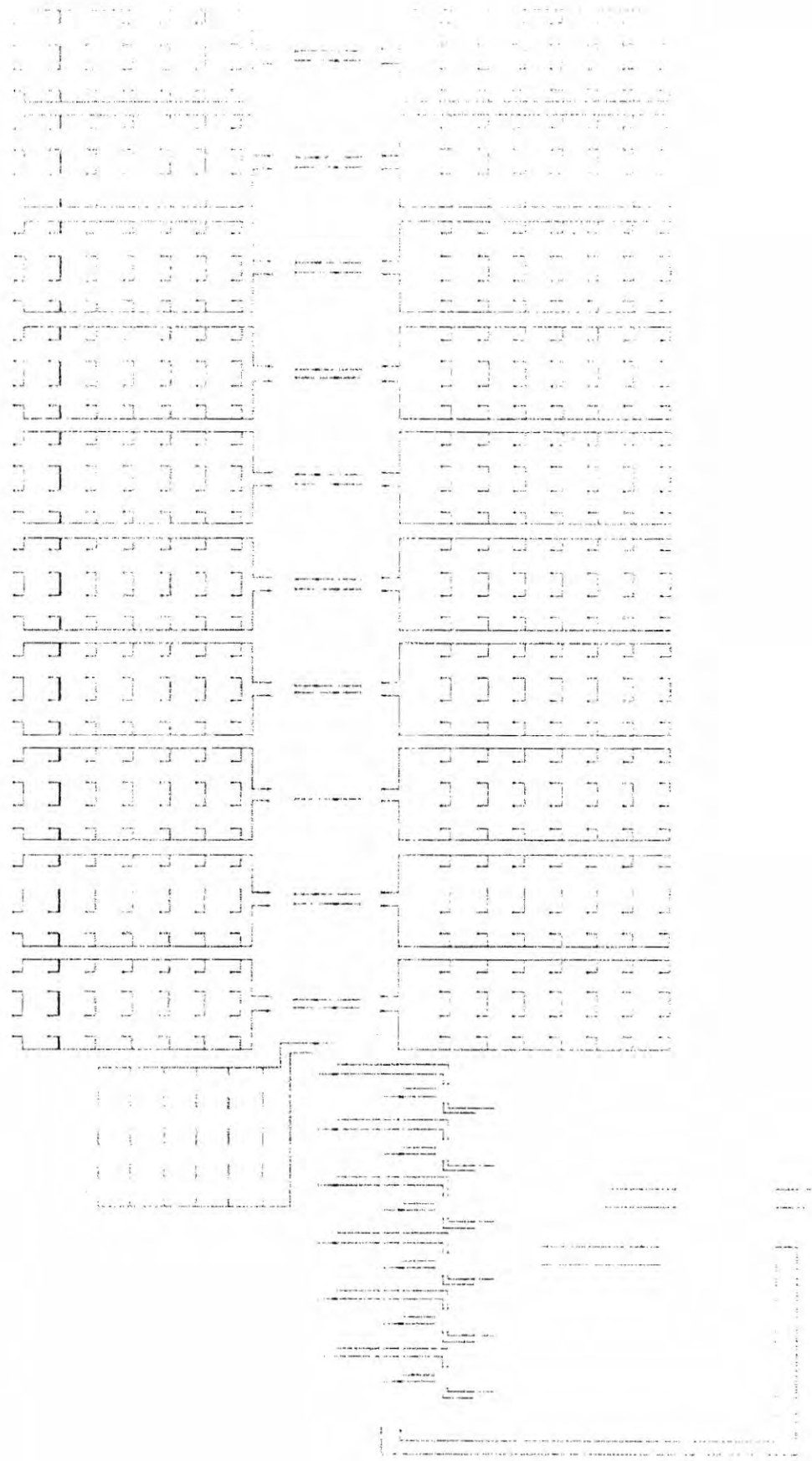
Poenix Multi C 24/1600	Victron	24	1600 W, 40- 16A	230	Senoidal	2189.81
Poenix Multi C 12/1200	Victron	12	1200 W, 50- 16A	230	Senoidal	1982.78
Poenix Multi C 12/1600	Victron	12	1600 W, 70- 16A	230	Senoidal	0.00 2372.96
Poenix Multi C dic-00	Victron	12	2000 W, 80- 16A	230	Senoidal	2970.18
Poenix Multi C 24/1200	Victron	24	1200 W, 25- 16A	230	Senoidal	1982.78
Poenix Multi C 24/1600	Victron	24	1600 W, 40- 16A	230	Senoidal	2372.96
Poenix Multi C 24/2000	Victron	24	2000 W, 50- 16A	230	Senoidal	2970.18
Poenix Multi C dic-00	Victron	12	3000 W, 120-16A	230	Senoidal	4124.81
Poenix Multi C 24/3000	Victron	24	3000 W, 70- 16A	230	Senoidal	4124.81
Poenix Multi C 48/3000	Victron	48	3000 W, 35- 30A	230	Senoidal	4459.25
Inversor Cargador 10000W 48V 140A Victron Quattro	victronenergy	48	10000W 48V 140A	230	Senoidal	15449.25

**ANEXO-06E: LISTA DE PRECIOS DE BATERIAS SLI**

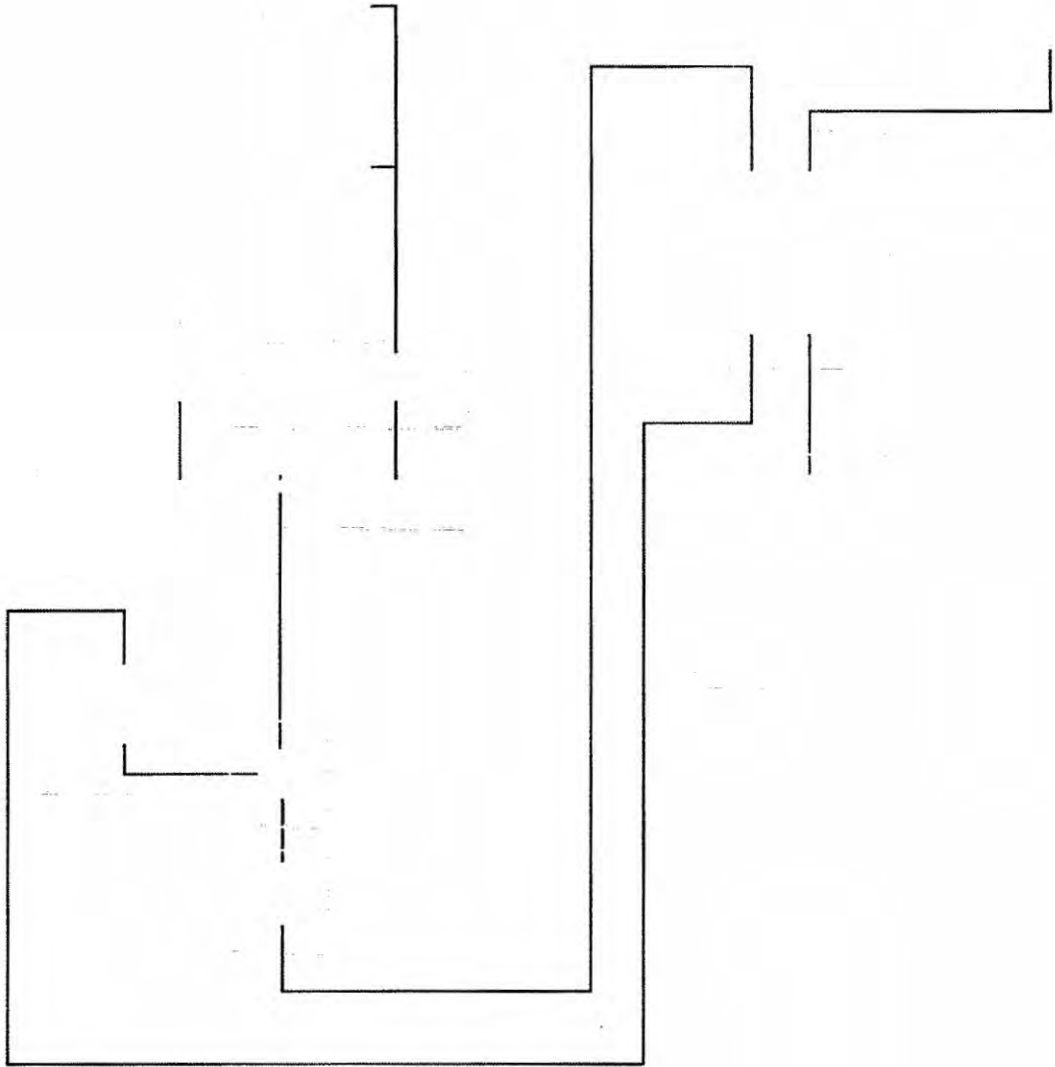
Modelo	Distribuidor	Descripción	Voltaje (V)	Capacidad (Ah)	Horas Descarga	Precio \$/.
EnerSol 50	-----	SLI Modificada, MONOBLOCK	12	53	100	247.02451
EnerSol 65	-----	SLI Modificada, MONOBLOCK	12	66	100	275.41814
ISOFOTON AFA 12/72	-----	SLI Modificada, MONOBLOCK	12	72	100	176.36808
EnerSol 80	-----	SLI Modificada, MONOBLOCK	12	80	100	312.69387
EnerSol 100	-----	SLI Modificada, MONOBLOCK	12	99	100	383.3139
ISOFOTON AFA 12/106	-----	SLI Modificada, MONOBLOCK	12	106	100	281.7521
EnerSol 130	-----	SLI Modificada, MONOBLOCK	12	132	100	528.12138
ISOFOTON AFA 12/132	-----	SLI Modificada, MONOBLOCK	12	132	100	435.98771
ISOFOTON AFA 12/150	-----	SLI Modificada, MONOBLOCK	12	150	100	465.43699
EnerSol 175	-----	SLI Modificada, MONOBLOCK	12	179	100	603.36448
ISOFOTON AFA 12/216	-----	SLI Modificada, MONOBLOCK	12	216	100	529.06783
EnerSol 250	-----	SLI Modificada, MONOBLOCK	12	256	100	851.80867
VARTA ENERGY 65	JHRoerden	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	65	100	338.68495
Hoppecke ENERGY 70	Agridrovert Solar	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	70	-----	389.50226
BM 75	Solener	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	75	-----	304.32139
VARTA ENERGY 80	JHRoerden	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	80	100	437.80782
Hoppecke ENERGY 85	Agridrovert Solar	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	85	-----	502.3487
VARTA ENERGY 105	JHRoerden	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	105	100	556.18738
BM 106	Solener	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	106	-----	460.48631
Hoppecke ENERGY 110	Agridrovert Solar	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	110	-----	637.0364
VARTA ENERGY 145	JHRoerden	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	145	100	759.92982
Hoppecke ENERGY 160	Agridrovert Solar	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	160	-----	873.64992
BM 165	Solener	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	165	-----	608.64278
VARTA ENERGY 185	JHRoerden	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	185	100	936.07949

Hoppecke ENERGY 190	Agridrovert Solar	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	190	-----	1073.8614
BM 216	Solener	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	216	-----	680.7189
Hoppecke ENERGY 250	Agridrovert Solar	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	250	-----	1485.2049
BM 250	Solener	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	250	-----	920.97262
VARTA ENERGY 250	JHRoerden	SLI bajo mantenimiento, MONOBLOCK	12	250	100	1293.9847

**ANEXO-07: ESQUEMAS.  
ANEXO-07A: DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.**



ANEXO-07B: UNIFILAR.



**ANEXO-08: MONTANTES.**

**ANEXO-08A: MONTANTE ELÉCTRICA EXISTENTE DEL PABELLÓN DE AULAS FIEE - UNAC.**

AZOTEA

CUARTO ELÉCTRICO

TD-PA4

CUARTO PISO

CUARTO ELÉCTRICO

TD-PA3

TERCER PISO

CUARTO ELÉCTRICO

TD-P2

SEGUNDO PISO

CUARTO ELÉCTRICO

TG-PA

TD-PA1

PRIMER PISO

EL ALIMENTADOR PARA EL PABELLON  
DE AULAS, VIENE DE LA S.E.2

ANEXO-08B: MONTANTE ELÉCTRICA PROYECTADA DEL PABELLÓN DE AULAS DE LA FIEE – UNAC.



---

TD-PA4

---

TD-PA3

---

TD-P2

---

TTA      TG-PA      TD-PA1



## **ANEXO-09: CONSIDERACIONES PARA LA REDUCCIÓN DE LA INVERSIÓN**

Para reducir el costo de la inversión inicial del proyecto desarrollado se tiene que efectuar los siguientes ajustes:

- **Renovar las luminarias convencionales instaladas en nuestra facultad (pabellón de aulas de la FIEE – UNAC) que tiene como potencia 80W, por una de 36W tecnología led, con este cambio en los equipos de luminarias, se reduce la potencia instalada esto conlleva a reducir el número de paneles fotovoltaicos, estructuras, y demás accesorios de montaje de los paneles.**
- **Ajustar las horas de trabajo del sistema a 5 horas diarias, esto influye directamente en la reducción del número de baterías a utilizar; al tener una menor demanda con los cambios indicados en el punto anterior y reducir las horas de trabajo del sistema, tiene como consecuencia la reducción del número de baterías a ser utilizado, para el almacenamiento de la energía necesaria para las horas de trabajo propuesto (5 a 10PM).**
- **Lo indicado en los párrafos anteriores generan reducción de los costos en todo lo relacionado al proyecto, tanto en el diseño e implementación del mismo.**
- **La reducción global de la inversión inicial con los cambios efectuados, está alrededor de los 75%.**