



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**“ELECTRIFICACIÓN RURAL FOTOVOLTAICO PARA
SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO PAREDONES,
DISTRITO DE CHONGOYAPE 2016”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTOR:
JUAN EMMANUEL ODAR ACUÑA**

**ASESOR:
Dr. RICARDO RODRIGUEZ PAREDES**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN**

CHICLAYO — PERÚ

(2016)

PÁGINA DEL JURADO

**“ELECTRIFICACION RURAL FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR
ENERGIA ELECTRICA AL CASERIO PAREDONES – DISTRITO DE
CHONGOYAPE- 2016”**

Juan Emmanuel Odar Acuña
Autor

MG. Jony Villalobos Cabrera
Presidente de Jurado

Ing. Pedro Reyes Tasara
Secretario de Jurado

Ing. Luis Alberto Ramos Martínez
Vocal de Jurado

DEDICATORIA

Con mucho cariño a mis padres, esposa e hija porque me dieron la oportunidad de superarme, dándome motivación e impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, me permitió llegar hasta el final.

AGRADECIMIENTO

De manera muy especial a nuestros profesores que, por su paciencia, su loable labor en la ejecución de esta obra que enmarca un escalón hacia el futuro. Además, por sus consejos y alegrías que nos brindaron en las sesiones de asesoría y por su amistad desinteresada.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Odar Acuña Juan Emmanuel, con DNI N° 46453891 y Código Universitario N° 1000116308, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, ...de..... del 2016

Juan Emmanuel Odar Acuña

PRESENTACIÓN

En el presente trabajo de investigación titulado: **ELECTRIFICACION RURAL FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA EN EL CASERIO PAREDONES – DISTRITO DE CHONGOYAPE 2016**, se demuestra que si es factible elaborar propuestas que permitan suministrar de energía eléctrica en dicho caserío.

En el Capítulo I, se presenta la realidad problemática existente en el **CASERÍO PAREDONES DISTRITO DE CHONGOYAPE – LAMBAYEQUE** en cuanto a la carencia del servicio de energía eléctrica. Posteriormente se enuncia el Problema, para luego justificar el trabajo de investigación realizado y presentar la Hipótesis, con los Objetivos de la Investigación.

En el Capítulo II, se presenta el Diseño de la Investigación, describiendo las Variables y su Operacionalización, así como la Población y Muestra, además de las Técnicas e Instrumentos de recolección de datos utilizados en la investigación, así como los Métodos de Análisis de Datos.

En el Capítulo III, se presenta los Resultados obtenidos de acuerdo con los objetivos generales y específicos definidos.

En el Capítulo IV, se realiza la discusión de los Resultados obtenidos. En el Capítulo V y VI, se presenta las Conclusiones y Recomendaciones, respectivamente.

ÍNDICE

<i>Contenido</i>	<i>Pág.</i>
Página del Jurado	I
Dedicatoria	II
Agradecimiento	III
Declaratoria de Autenticidad	IV
Presentación	V
Indice	VI
Indice de Tablas.....	VIII
Indice de Figuras	IX
Simbología	X
Resumen	XI
Abstract	XII
I.INTRODUCCION.....	0.1
1.1 Realidad Problemática.....	0.1
1.2 Trabajaos Previos	0.3
1.3 Teorías Relacionadas al Tema.....	0.7
1.4 Formulación del Problema	27
1.5 Justificación del Estudio	27
1.6 Hipótesis	29
1.7 Objetivos	29
II. METODO.....	30
2.1 Diseño de Investigación.....	30
2.2 Variables y Operacionalización	30
2.3 Población y muestra	32
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	32
2.5 Métodos de análisis de datos.....	33
2.6 Aspectos éticos	34

III. RESULTADOS	35
3.1 Deter. los niveles promedio de radiac. solar que se registran en la zona..	35
3.2 Realizar el estudio de la Máxima Demanda.....	38
3.3 Diseñar y seleccionar los equipos que conforman el sistema de generación solar fotovoltaico.....	40
3.4 Realizar la evaluación técnica y económica para la implementación del sistema de generación solar fotovoltaico.....	66
3.5 Evaluar económicamente la implementación del proyecto.....	69
IV. DISCUSIÓN	71
V.CONCLUSIONES	72
VI. RECOMENDACIONES	73
VII.REFERENCIAS	74
Bibliografía.....	74
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Declinaciones, Características Mensuales.	9
Tabla 2 Eficiencia de Células Fotovoltaicas.....	20
Tabla 3 Relación material y eficiencia del panel fotovoltaico	21
Tabla 4 Irradiación existente en el Caserío Paredones.....	36
Tabla 5 Cargas en el Caserío Paredones.....	38
Tabla 6 Datos del caserío Paredones y Componentes del Sistema	42
Tabla 7 Tabla de Inclinaciones Optimas en función del Periodo de máxima captación	43
Tabla 8 Tabla de Inclinación de Factores en el Perú.....	44
Tabla 9 Características Eléctricas del Panel seleccionado	45
Tabla 10 Células características del Panel Seleccionado.....	46
Tabla 11 Tensión nominal del sistema en función de la Potencia.	47
Tabla 12 Parametros eléctricos para selección del Conductor	63
Tabla 13 Inversion Total.....	66
Tabla 14 Elementos de la Minicentral y Puesta a Tierra	67
Tabla 15 Obra Civiles.....	67
Tabla 16 Inversiones en Ejecución e Instalación.	68
Tabla 17 Inversiones en Seguridad y Salud.	68
Tabla 18 Gastos Generales.....	68
Tabla 19 Intangibles.....	68
Tabla 20 Inversiones en la Red Secundaria.....	69
Tabla 21 Gastos Generales.....	69
Tabla 22 Inversiones en Otros Gastos.....	69
Tabla 23 Ingresos totales en el año base 2016.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Geometría Solar .	8
Figura 2 Valores Referenciales de Aire – Masa en función de la altura solar	9
Figura 3 Concepto de Horas Sol Pico.	10
Figura 4 Sistema Aislado Fotovoltaico.	11
Figura 5 Sistema de una Instalación Fotovoltaica Aislada para Electrificación Vivienda	12
Figura 6 Fabricación de la Célula y el Panel Fotovoltaico.	13
Figura 7 Generación Eléctrica por efecto fotovoltaico en una unión p-n	14
Figura 8 Funcionamiento Célula Silicio	14
Figura 9 Curva de Funcionamiento I – V de una Célula Fotovoltaica.	15
Figura 10 Arbol de Tecnologías Fotovoltaicas.	16
Figura 11 Células de Silicio Monocristalino y Policristalino	16
Figura 12 Amorfo Flexible – Película Delgada.	17
Figura 13 Cuota Mundial de Producción de Tipo de Células Fotovoltaicas.	17
Figura 14 Panel Solar de Silicio Monocristalino	18
Figura 15 Panel Solar de Silicio Policristalino.	18
Figura 16 Curva I – V/P-V	23
Figura 17 Efecto de la Temperatura.	23
Figura 18 Efecto de Radiación en Panel 50 Wp EverExceed	24
Figura 19 Distanciamiento entre Pilas de Módulos Fotovoltaicas.	25
Figura 20 Orientación de una Superficie en el Hemisferio Norte	42
Figura 21 Componentes	50
Figura 22 Sistema de Inclinación Ajustable	50
Figura 23 Soportes	51
Figura 24 Información Técnica	51
Figura 25 Inversor RICH ELECTRIC 24V/6000W.	55
Figura 26 Batería 24V -155Ah Formula Star	58
Figura 27 Distancia Mínima entre Paneles	60

SIMBOLOGÍA

C: Capacidad del Banco de Baterías

C_{Banco} : Capacidad nominal mínima de la batería (Ah)

AC: Corriente alterna

CC: Corriente Directa

C_p : Potencia de captación de un panel fotovoltaico (kWp)

I: Corriente que circula a través del cable. (A)

FV: Fotovoltaico

HPS: Horas pico solares

η : Eficiencia

N_p : Número de paneles

P: Potencia (W)

$P_{\text{DMáx}}$: Profundidad de descarga máxima de la batería.

S: Sección del conductor. (mm^2)

Tipo N: Semiconductor con cargas mayoritariamente negativas

Tipo P: Semiconductor con cargas mayoritariamente positivas

V: Volts, unidad de medida de caída de tensión

Vdc: Volts de corriente directa

W: Watts, unidad de medida de potencia

Wh: Watts-hora

Wp: Watts Pico

RESUMEN

La energía solar en la actualidad es una de las técnicas más limpias de producción de energía y constituyen uno de los métodos más simples que se pueden usar para convertir la energía del sol en energía eléctrica aprovechable especialmente en lugares alejados a las redes convencionales, sin que ésta transformación produzca subproductos peligrosos para el medio ambiente. El presente trabajo muestra el desarrollo de un proyecto para implementar un Sistema que utilice la energía solar, para generar energía eléctrica para el Caserío "Paredones", del Distrito de Chongoyape, asimismo, se presentan las etapas cálculos y diseño de cómo será desarrollado este proyecto. Inicialmente se lleva a cabo una investigación sobre conversión de la energía solar en electricidad a partir de las centrales térmicas solares y celdas solares. Seguidamente, se analiza el funcionamiento de sistemas fotovoltaicos autónomos, sus principales componentes y las recomendaciones que deben tomarse en cuenta a la hora de realizar el dimensionamiento y escoger los equipos. Asimismo, se estima el nivel de radiación solar promedio en la zona de interés, así como el consumo eléctrico diario para conocer los diversos factores que están relacionados con las cargas eléctricas conectadas y disponibles en la institución. Otro punto importante es el análisis económico, esto se realizará para determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto, así como el periodo de recuperación del capital invertido.

PALABRAS CLAVES:

Energía Renovable, Energía Solar, Radiación Solar, Sistemas Fotovoltaicos.

ABSTRACT

Solar power is currently one of the cleanest techniques of energy production and is one of the simplest methods that can be used to convert the sun's energy into usable electrical energy especially in remote places conventional networks without this transformation produce hazardous byproducts to the environment. This paper presents the development of a project to implement a system that uses solar energy to generate electricity for the farmhouse "Paredones" District Chongoyape also the calculations and design stages are presented how it will be developed this project. Initially it conducted research on converting solar energy into electricity from solar thermal and solar cells. Next, the operation of autonomous photovoltaic systems, its main components and the recommendations to be taken into account when making the sizing and choosing equipment is analyzed. Also, the average level of solar radiation is estimated in the region of interest and daily electricity consumption to meet the various factors that are related to the connected electrical loads available in the institution. Another point is important economic analysis, this will be done to determine the feasibility and profitability of the project and the payback period of invested capital.

KEYWORDS:

Renewable Energy, Solar Energy, Solar Radiation, Photovoltaic Systems.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.

1.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

ECUADOR

Desde su inicio en el 2008 hasta el 2010, los proyectos FERUM de electrificación rural sin extensión de redes implementadas en el país han sido mayoritariamente de electrificación solar fotovoltaica con sistemas domiciliarios. Una revisión histórica de los mismos, evidencia que muchos sistemas están en desuso y/o sin ningún modelo de gestión implementado. Algunas empresas distribuidoras implementaron sistemas fotovoltaicos sin contemplar las tareas de operación y mantenimiento necesarias e incluso sin establecer ningún método de cobro por el servicio de los mismos. Debido a esto, el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (MICSE), tomó la decisión de parar todos los programas de electrificación rural hasta que no se contara con un adecuado modelo de sostenibilidad. (Consejo Nacional de Electricidad, 2012, p.26).

BOLIVIA

Dados los niveles de dispersión, la resolución de las demandas de energía para la población rural aislada y dispersa, pasará necesariamente por un empleo cada vez mayor de energías renovables. En este marco, la utilización de sistemas fotovoltaicos para provisión de electricidad, Sistemas Termo solares para el calentamiento de agua, cocinas eficientes de leña para generación de energía térmica, Micro centrales Hidroeléctricas, etc. se constituyen en parte de la solución técnica para este problema; pues se estima, que unos 200.000 hogares rurales puedan ser atendidos mediante la utilización de energías renovables descentralizadas. (El Contexto de la Energía Rural en Bolivia, 2012, p.13).

1.1.2. A NIVEL NACIONAL

El progreso económico del Perú supone el desarrollo del sector energético como base. Sin embargo, algunos indicios sugieren que la energía no crece al ritmo que requiere la economía, y que existe una delgada línea que separa la oportunidad de un crecimiento sostenido para el país de una crisis energética.

Petroperú desiste de comprar los activos de Repsol, el gas de Camisea no se da abasto y la ONU se pronuncia en contra de su expansión, la electrificación rural es un pendiente en muchas zonas del país, se producen inusitados apagones en la capital, el uso de energías limpias o renovables se presenta como una alternativa viable.

La generación de energía en el Perú es de 6% en los últimos cuatro años, se advierte que en el país existe un peligroso nivel de casi 50 y 50 entre la generación hidráulica y la termoeléctrica, y en donde la primera fuente podría tener una participación aún mayor con los años". (Situación Energética en el Perú, 2000, p.2)

IQUITOS

Iquitos es una de las ciudades más grandes del mundo sin conexión terrestre con el resto del país. El suministro eléctrico de la ciudad de Iquitos pertenece Al Sistema Aislado Iquitos no conectado pertenece el suministro eléctrico de la ciudad de Iquitos.

“La potencia instalada del sistema aislado de Iquitos es de 48,4 MW, y es el único sistema de generación eléctrica con pequeños grupos de distinta potencia que emplean petróleo residual y destilado D2 “(Estrategia Energética Sostenibel: Iquitos 2030, 2012, p.24).

“En 15 años se podría duplicar la necesidad de generación eléctrica. Por tanto, hacia el 2027, la potencia instalada del sistema aislado podría ser de unos 100 MW” (Estrategia Energética Sostenibel: Iquitos 2030, 2012, p.24).

SAN MARTÍN

Actualmente se tienen identificadas a 322 localidades que aún no tienen acceso a la energía eléctrica y que requieren suministro eléctrico con fuentes renovables.

“Existen 217 localidades que, por su cercanía a las redes eléctricas, deben ser atendidas con los sistemas convencionales de electrificación con ampliación de redes y su conexión al sistema interconectado” (Energía Renovables, 2013, p.13).

1.1.1. LOCAL

El Caserío Paredones se encuentra ubicado en la parte noroccidental del Distrito de Chongoyape. Su acceso se realiza por una trocha carrózable desde Chongoyape.

Actualmente el caserío Paredones cuenta con 85 habitantes y 23 viviendas. Este caserío actualmente no cuenta con el servicio de energía eléctrica lo que afectan en la calidad de vida de la población.

El no contar con el servicio de energía eléctrica, impide desarrollar actividades económicas tales como la comercialización de productos alimenticios, como bebidas, carne, pescado, fruta, verduras, etc., que por lo general necesitan conservarse refrigerados para evitar su descomposición. Asimismo, impide implementar talleres de soldadura, carpintería o panadería, pese a tener total conocimiento en ese tipo de actividad.

1.2. TRABAJOS PREVIOS.

1.2.1. INTERNACIONAL

Montenegro (2008, p.17), en el trabajo de investigación: DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO, PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA COMUNIDAD RURAL BUENA VISTA, SAN MARCOS, señala lo siguiente:

La realización de un estudio de la radiación solar percibida en Guatemala que permite el desarrollo de sistemas eléctricos utilizando energía solar; a través de la captación de la radiación en equipos fotovoltaicos que

transforman la energía solar en energía eléctrica, cabe decir, módulos fotovoltaicos. La energía solar fotovoltaica para generación eléctrica se está aplicando en áreas rurales, ya que su uso es relativamente reciente en Guatemala; La especificación de dos tipos de usuarios se realizó porque en la comunidad existen familias que tienen mejores posibilidades económicas, tienen acceso a entretenimiento como la televisión y radios de mayor capacidad, aumentando con esto el consumo. A partir del consumo eléctrico se dimensionan los sistemas, por ello el sistema del usuario tipo 1 es de mayor tamaño que el sistema del usuario tipo 2. El tamaño se relaciona con el consumo, pues según el consumo así será la dimensión del sistema y la generación de energía. Dichos sistemas están integrados por: un subsistema de captación de energía (módulos fotovoltaicos), subsistema de acumulación o almacenaje de energía (acumuladores o baterías), subsistema de regulación (regulador de carga y descarga), subsistema de acondicionamiento de potencia (inversor) y, el cableado y transporte de la energía entre los diferentes subsistemas, así como a los receptores (consumo). (Montenegro, 2008, p.17).

Salazar(2008, p.33), en el trabajo de investigación: DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA UNA VIVIENDA RURAL UNIFAMILIAR, el autor propone:

Una solución solar al problema de la electrificación básica en una vivienda rural unifamiliar habitada en forma permanente y aislada de la red. Se realizó un trabajo monográfico con propuesta teórica. El soporte bibliográfico lo aportó el Centro de Estudios para la Energía Solar (CENSOLAR), Sevilla, España. En el estado Falcón (Venezuela) existen poblaciones aisladas que carecen de servicio eléctrico, una de ellas, El Cerro de Taratara (Municipio Colina), fue seleccionada para este estudio. El estado Falcón, por su ubicación y características generales, posee las condiciones meteorológicas ideales que permiten proyectar sistemas fotovoltaicos para las más diversas aplicaciones. La propuesta consiste en un sistema fotovoltaico diseñado (Salazar,2008, p.33)

Morales, y otros (2009, p.22), en el trabajo de investigación: ESTUDIO PARA LA ELECTRIFICACIÓN CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS, UTILIZANDO

CELIDAS FOTOVOLTAICAS PARA ELECTRIFICAR EL POBLADO DE CAÑADA COLORADA, MUNICIPIO DE APAXCO, ESTADO DE MÉXICO, los autores:

Realizan un enfoque a electrificar un hogar de tipo rural de la comunidad de Cañada Colorada, que se encuentra ubicada en el Municipio de Apaxco del Estado de México, por medio de celdas o paneles solares se pretende solventar las necesidades principales como son iluminación de la vivienda, refrigeración el cual ayudará a conservar sus alimentos en buen estado, por lo que de esta forma el proyecto podrá beneficiar a cada una de las familias de las comunidades rurales; pues a causa de la difícil geografía de nuestro territorio, la falta de inversión y sobre todo por la falta de tecnología no ha sido posible abastecer a este tipo de comunidades en nuestro país con este importante servicio; como es el de la energía eléctrica, ya que de él dependen otros servicios como son educación, servicios médicos en general y lo más importante para una mejor calidad de vida. Haciendo el estudio de un modelo típico de vivienda en esta zona, el cual incluye cálculo de la carga promedio en días normales, el nivel de insolación promedio mensual y anual de la región, para determinar los parámetros del sistema de captación, acumulación, conversión, distribución y gasto de la energía eléctrica obtenida. Dichos parámetros se requieren para hacer un presupuesto estimado de la inversión inicial para valorar su conveniencia. (Morales, y otros, 2009, p.22).

1.1.2. NACIONAL

Marcelo (2011, p.22), en la tesis: ELECTRIFICACIÓN FOTOVOLTAICA DE POSTA MÉDICA, CASERÍO DE CHOCNA- SAN MATEO- LIMA, el autor:

Tiene como objetivo de esta tesis es electrificar con sistema fotovoltaico la Posta médica del Caserío de Chocna, ubicada en una zona accidentada a 50 km de la ciudad de San Mateo a 3800 m.s.n.m. la intensidad de energía solar disponible un punto determinado de la tierra depende del día, año, hora, latitud y de la orientación del dispositivo receptor, todo esto, inicialmente requiere de mayores inversiones económicas para su implementación.

Los componentes para electrificar la Posta Médica, son: Panel solar. Convertidor de CC. a CA., acumulador o Batería. Dispositivos de protección del sistema. Con la implementación eléctrica de la Posta, se estará atendiendo la urgente necesidad social básica de la salud de los pobladores de dicho Caserío, porque su costo de electrificación con sistemas convencionales actualmente es elevado. (Marcelo 2011, p.22).

Tacza (2011, p.12), en la tesis: ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO EN EL DISTRITO DE ORCOTUNA REGION JUNIN, el autor:

Tiene como objetivo de la Investigación es generar energía eléctrica utilizando la energía solar. Y ofrecerle un desarrollo rural sostenible en especial que generan ingresos y el bienestar social. La electricidad es importante en el desarrollo socioeconómico rural, en el distrito de Orcotuna 60 familias de la población que por necesidad de cuidar su cosecha en el lugar alejado de la ciudad decidieron construir sus casas cerca de su chacra el que crea una necesidad indispensable de energía eléctrica para la iluminación y la utilización para el quehacer cotidiano como el uso de las refrigeradoras, radios, televisores, licuadoras. Por esta razón se eligió el sistema de generación de Fotovoltaico y está directamente relacionado con el desarrollo socioeconómico. (Tacza, 2011, p.12).

Hualpa (2008, p.27), en la Tesis: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE SISTEMAS HÍBRIDOS EÓLICO – SOLAR EN EL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, el autor:

Hace un análisis de que actualmente en nuestro país sólo existen datos confiables respecto del recurso solar, tal vez este hecho ha influido en que la energía solar sea la que más aceptación tenga en nuestro medio, sin embargo, existe también energía del viento que puede y debe ser aprovechada.

En este trabajo se realiza un estudio de las características de salida de energía que tendría un sistema híbrido (solar–eólico) en la localidad de Ilo. Se escoge este lugar debido a que se cuenta con datos precisos de viento (velocidad y dirección) proporcionados por la Municipalidad Provincial de Ilo, así mismo se tienen disponible los datos de radiación

solar y con ello es posible realizar un estudio preciso sobre la salida de energía del sistema.

Para lograr esto se desarrolla en los primeros capítulos la metodología que permite hacer el tratamiento estadístico de los datos con que se cuenta y luego Finalmente y estableciendo a partir de las alternativas que ofrece el mercado, la configuración del sistema solar-eólico, se puede conocer la energía que es capaz de suministrar el sistema. (Hualpa, 2008, p.27).

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.

1.3.1. Radiación Solar.

“La radiación solar absorbida por la atmósfera terrestre no es aprovechada al 100%” (Montenegro, 2008, p.17).

“Según el Instituto Geofísico del Perú, en términos generales, el 24% de la radiación llega directamente, el 21% de la radiación no llega directamente, mientras que el 29% se pierde en el espacio” (Montenegro, 2008, p.17).

A. Existen tres componentes de la radiación solar:

- “En la directa la que proviene del sol, sin desviar su paso por la atmósfera” (Hualpa, 2008, p.27).
- “En la difusa sufre cambios debidos a la reflexión difusión en la atmósfera” (Hualpa, 2008, p.27).
- “En el albedo es la que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas, puede ser directa o difusa” (Hualpa, 2008, p.27).

“La radiación directa es la mayor y la más importante en el diseño de un sistema fotovoltaico” (Hualpa, 2008, p.27).

“El Perú es uno de los países que cuenta con mayor radiación solar en el mundo, por ello cuenta con un gran potencial de desarrollo en el sector de energía fotovoltaica. Dentro de la región, solo Chile lo supera” (Hualpa, 2008, p.27).

B. Geometría Solar.

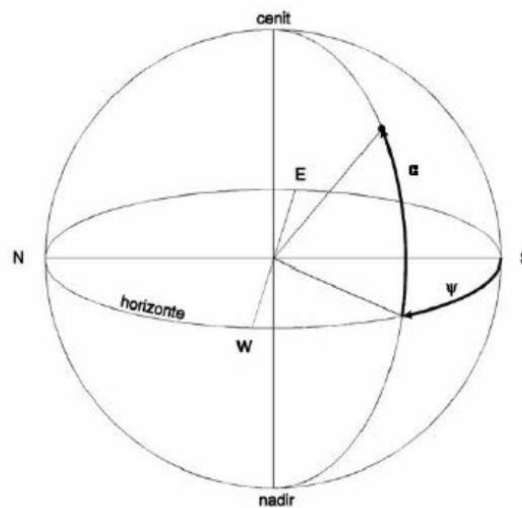
“Conocer la geometría solar es fundamental para poder estimar la cantidad de energía que se pueda aprovechar por un panel fotovoltaico y la disposición óptima del mismo” (Hualpa, 2008, p.27).

“La orientación se define mediante el ángulo Azimut (Ψ), como se observa en la siguiente ilustración, el Azimut se define como el ángulo que forma la dirección sur con el objeto. (Positivo hacia el oeste)” (Hualpa, 2008, p.27).

La altura del sol (α) varía de acuerdo a las estaciones, este parámetro es importante, ya que aporta en la creación de sombras y en la irradiación recibida por el módulo. Se mide a partir del horizonte, con un valor de 0° y es positivo en el cenit. (Hualpa, 2008, p.27)

FIGURA 1

Fuente: Radiación Solar, medidas y cálculos.
Autor: Valeriano Ruiz Hernández y Manuel A. Silva Pérez. Universidad de Sevilla 2005



Geometría Solar:

En la siguiente Tabla se muestra una declinación típica para cada mes. Esta es válida en todo el mundo y se ha tomado basada en un día, el cual se indica en la otra columna:

Tabla 1

Mes	Día del año	Declinación
Enero	17	-20,084
Febrero	45	-13,032
Marzo	74	-2,040
Abril	105	+9,046
Mayo	135	+18,078
Junio	161	+23,004
Julio	199	+21,011
Agosto	230	+13,028
Setiembre	261	+1,097
Octubre	292	-9,084
Noviembre	322	-19,002
Diciembre	347	-23,012

Fuente: "Radiación Solar: medidas y cálculos".
 Autor: Valeriano Ruiz Hernández y Manuel A. Silva Pérez.

Declinaciones Características Mensuales

C. Recorrido de la radiación solar.

"Es evidente que mientras menor sea la distancia del sol, mayor será la radiación solar" (Morales, y otros, 2009, p.22).

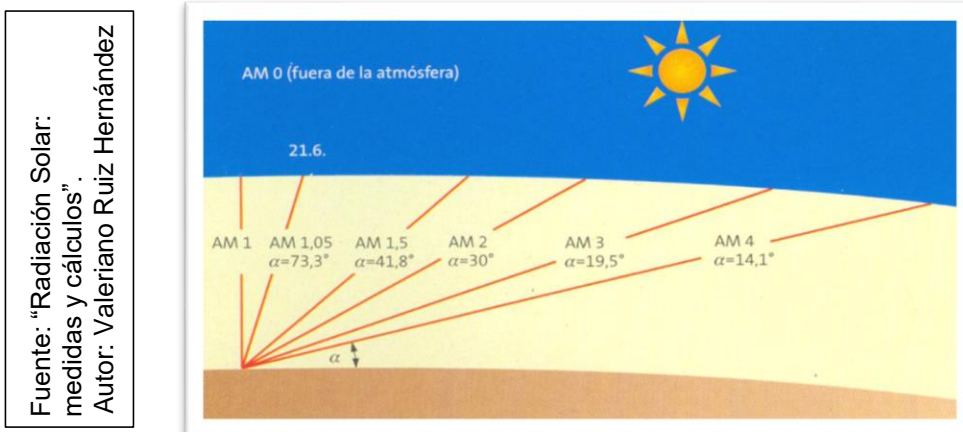
"Esto ocurre cuando el sol se encuentra más cerca de la Tierra, es decir, $\alpha = 90^\circ$ "

"Es necesario definir el concepto de masa de aire (AM), es una medida de la distancia que recorre la radiación al atravesar la atmósfera" (Morales, y otros, 2009, p.22).

Se obtiene la masa de aire mediante la siguiente fórmula:

$$AM = \frac{1}{\cos 90^\circ - \alpha}$$

FIGURA 2



Fuente: "Radiación Solar: medidas y cálculos".
 Autor: Valeriano Ruiz Hernández

Valores referenciales de Aire-Masa en función de la altura solar.

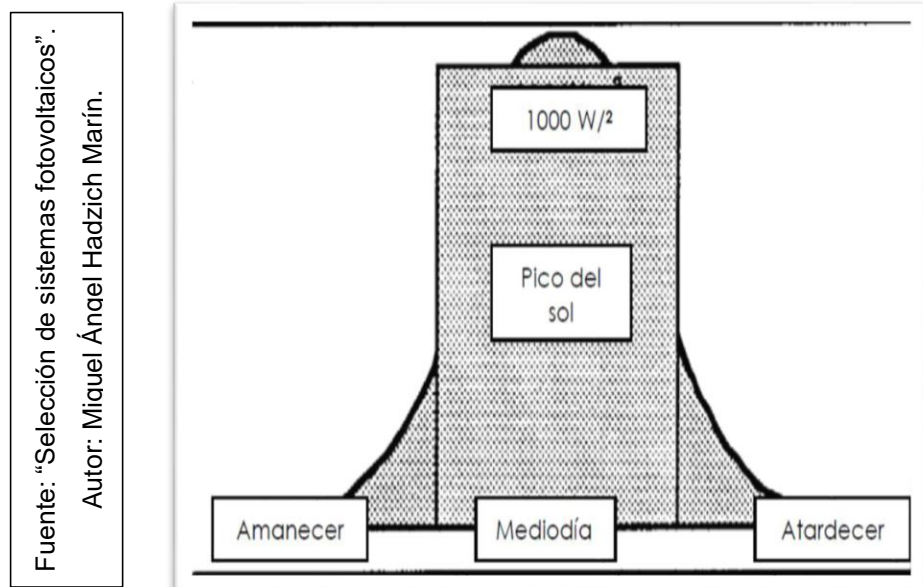
D. Horas de Sol Pico (H.S.P.)

“Las horas de sol pico son las horas que se definen como el número de horas al día con una irradiación hipotética de 1000 que sumen la misma irradiación total que la real ese día” (Hualpa, 2008, p.27).

Se puede notar que cuando la irradiación se expresa en $\text{kW} - \text{h}/\text{m}^2$ es numéricamente similar a las H.S.P. Este concepto es importante, ya que junto con un factor de pérdidas ayuda a estimar la potencia producida por los paneles fotovoltaicos. La distribución de la radiación a lo largo del día y el concepto de horas pico de sol se muestran en la ilustración. (Hualpa, 2008, p.27)

$$H (\text{Kw h}/\text{m}^2) = I (1 \text{ Kw}/\text{m}^2) \times \text{HPS (h)}$$

FIGURA 3



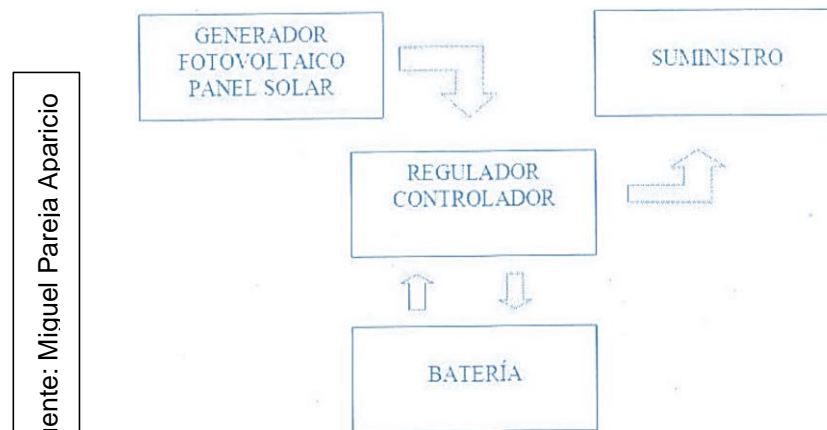
Concepto de Horas Sol Pico.

E. INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA

“Un sistema fotovoltaico aislado o autónomo, se trata de un sistema auto-abastecedor, ya que aprovecha la irradiación solar para generar la energía eléctrica necesaria en el suministro de una instalación” (Salazar, 2008, p.33).

Para entenderlo mejor, se muestra en la ilustración un sistema fotovoltaico, formado por:

FIGURA 4:



Sistema aislado fotovoltaico.

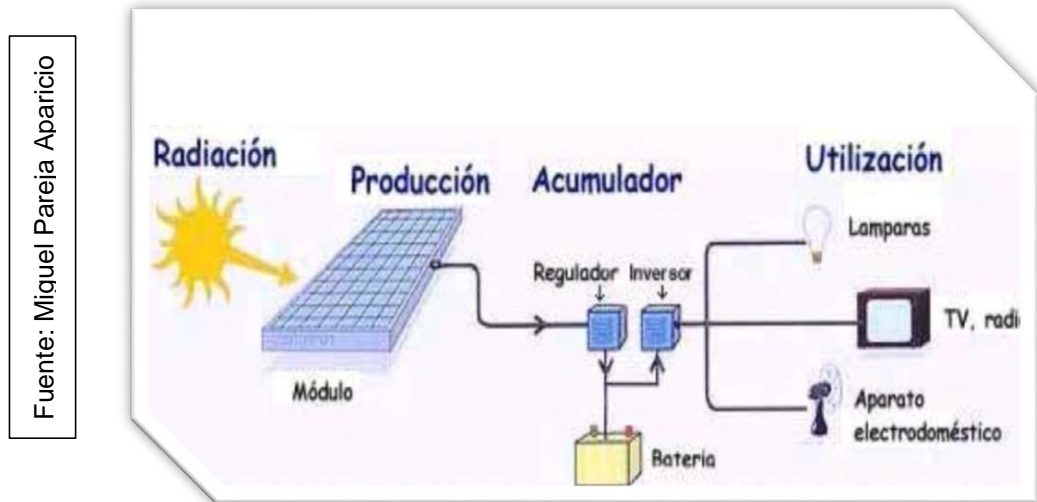
El generador fotovoltaico que proporciona la tensión/corriente encargada de mantener la carga de la batería.

“La batería que será la encargada de proporcionar energía a la instalación, cuando la irradiación solar sea escasa o nula” (Morales, y otros, 2009, p.22).

“El regulador que se encarga del control y el estado de la carga de la batería, adaptando los diferentes ritmos de producción y demanda de energía” (Morales, y otros, 2009, p.22).

“El suministro que hace referencia a la instalación que debe alimentar el sistema fotovoltaico” (Morales, y otros, 2009, p.22).

FIGURA 5



Sistema básico de una instalación fotovoltaica aislada para electrificación vivienda.

F. PANEL FOTOVOLTAICO

“Panel fotovoltaico, es la conexión de varias células en paralelo y/o en serie, se conectan en serie para aumentar la corriente y en paralelo para incrementar el voltaje” (Hualpa, 2008, p.27).

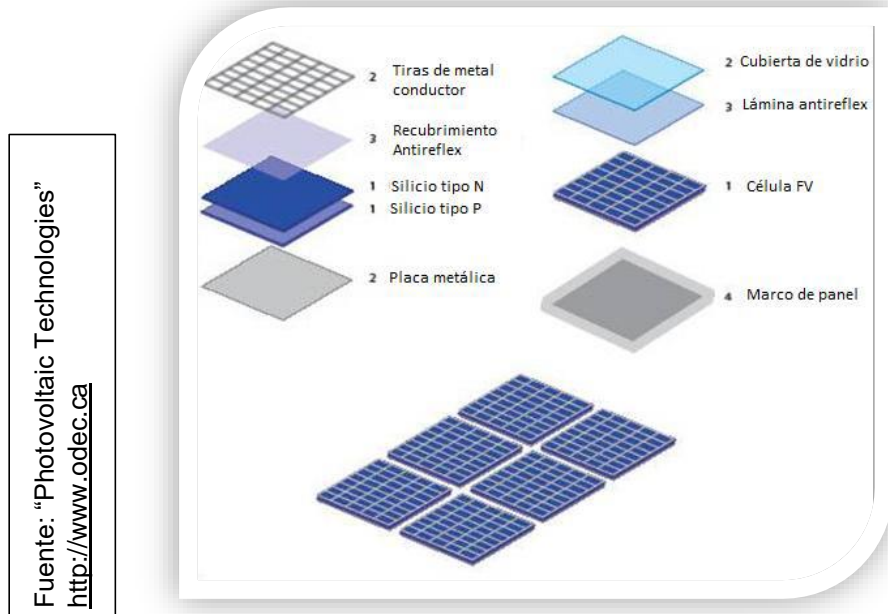
“Para ensamblar un panel fotovoltaico, se cuentan con plantas que deben estar certificadas con altos estándares de calidad sobretodo en soldadura”

Se utilizan principalmente, metales (buenos conductores) y vidrios.

En la ilustración, se muestra la composición de la célula fotovoltaica a la izquierda y el panel fotovoltaico a la derecha.

“Es un requisito que los módulos se fabriquen de acuerdo a la norma internacional IEC-61215 “Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre” (Hualpa, 2008, p.27).

FIGURA 6



Fabricación de la célula y el panel fotovoltaico.

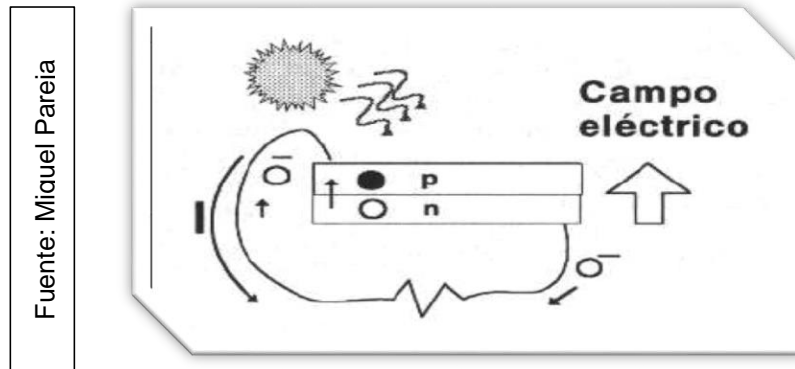
G. Efecto fotovoltaico.

“La transformación de la radiación solar en energía eléctrica se realiza mediante un dispositivo denominado célula fotovoltaica” (Tacza, 2011, p.12).

“El proceso que realiza esta transformación se denomina efecto fotovoltaico, y se produce cuando la radiación solar incide sobre un material semiconductor” (Tacza, 2011, p.12).

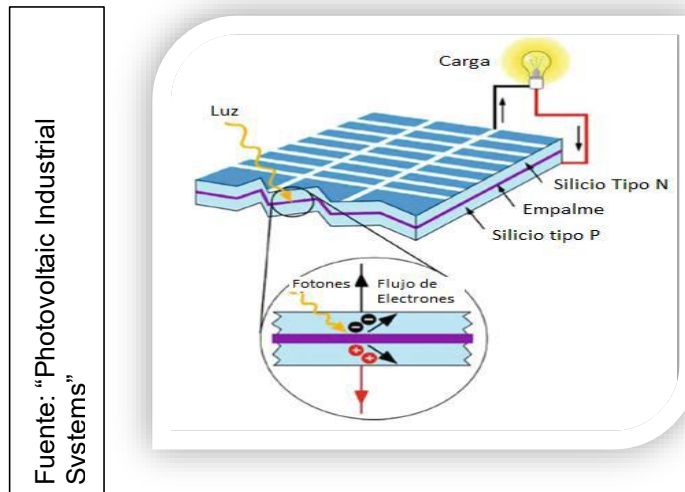
Las células fotovoltaicas están formadas fundamentalmente por silicio. Este material es modificado químicamente para dar lugar a dos estructuras eléctricamente distintas entre sí, semiconductor tipo p y semiconductor tipo n. Una vez que estos elementos se ponen en contacto, y se expone a la radiación solar, los fotones que transportan la energía de la luz solar, al incidir sobre ellos, hacen que generen una corriente eléctrica, convirtiendo así la célula fotovoltaica en una pequeña pila generadora de energía eléctrica. Este hecho se visualiza en la siguiente ilustración. (Tacza, 2011, p.12).

FIGURA 7



Generación eléctrica por efecto fotovoltaico en una unión p-n

FIGURA 8



Funcionamiento célula silicio.

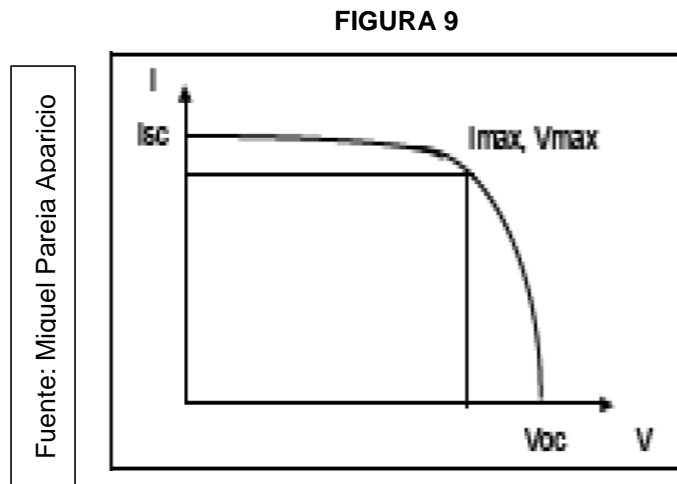
La corriente eléctrica generada será proporcional a la irradiancia incidente, (ya que al aumentar la irradiancia aumenta el número de fotones), y dependerá también de otros parámetros (temperatura de la célula, temperatura ambiente, velocidad y dirección del viento, etc.), siendo, por tanto, el funcionamiento de la célula muy variable. (Tacza, 2011, p.12)

Con objeto de poder comparar las curvas características eléctricas de las distintas células fotovoltaicas existentes en el mercado se definen unas condiciones estándar de medida, que son: irradiancia de 1000 W/m^2 , $25 \text{ }^\circ\text{C}$ en célula y velocidad del viento de 1 m/s . En estas condiciones, los valores de la célula suelen ser los siguientes:

$$I_{sc} \sim 3 - 3,5 \text{ A}$$

$$V_{oc} \sim 0,6 - 0,7 \text{ V}$$

En la ilustración 9, se muestra la curva de funcionamiento intensidad tensión típica de una célula fotovoltaica:



Curva de funcionamiento I-V de una célula fotovoltaica.

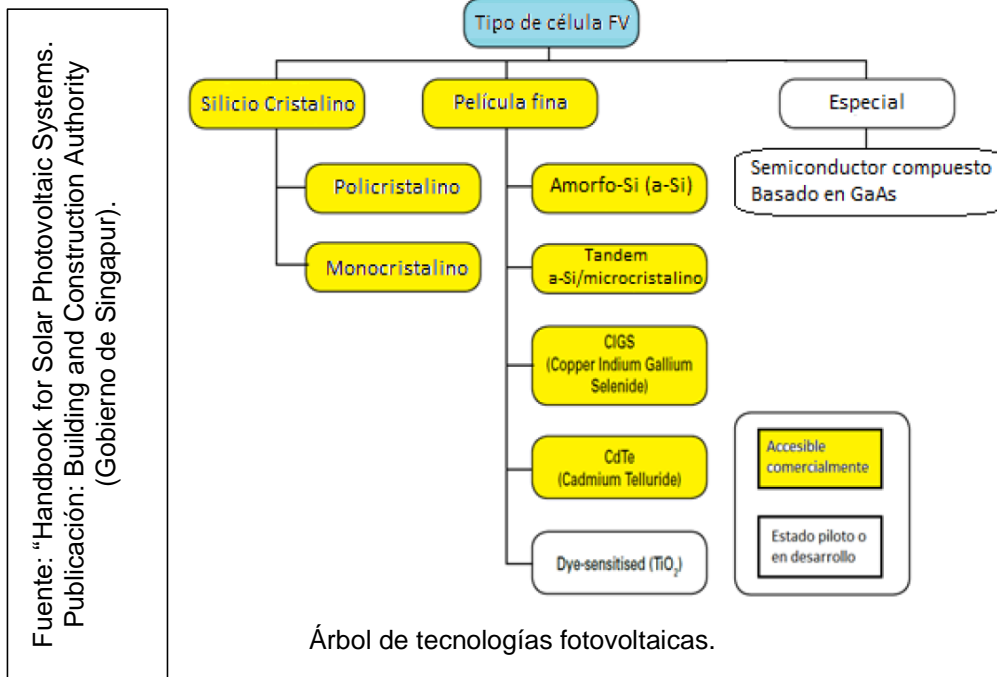
En la actualidad, existen varios tipos de células fotovoltaicas con diversas tecnologías, cada una de ellas tiene diferentes propiedades y se debe escoger la más apropiada dependiendo de los siguientes factores:

“Cristalinidad: Indica el grado de orden en la estructura cristalina de los átomos de silicio. Puede ser: monocristalino, policristalino o amorfo”

“Coeficiente de absorción: Indica como la luz puede penetrar antes de ser absorbida por el material. Esto depende del material de la célula y de la longitud de onda de la luz”

“Costo y complejidad de fabricación: Depende de un gran grupo de factores, número de pasos implicados, necesidad de ambiente especial, cantidad y tipo de material, necesidad de mover las células, entre otros”

FIGURA 10



“Las tecnologías de fabricación de células fotovoltaicas de silicio dan lugar a células de silicio monocristalino y policristalino, que son las más utilizadas en las aplicaciones que nos ocupan” (Tacza, 2011, p.12).

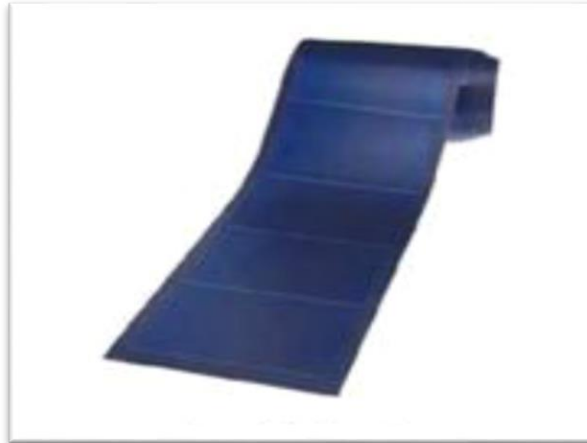
FIGURA 11



Células de silicio monocristalino y policristalino.

Otros procesos de fabricación más sencillos dan lugar a células de silicio amorfo de película delgada, que se utiliza en menor medida.

FIGURA 12



Fuente: Google

Amorfo flexible – película delgada.

FIGURA 13



Fuente: Miguel Pareja Aparicio

Cuota mundial de producción de tipo de células fotovoltaicas.

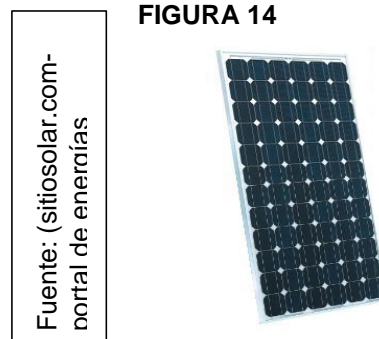
H. Tipos de paneles

Las células solares, o células fotovoltaicas, más utilizadas son las formadas por una unión P - N y construidas con silicio monocristalino.

“Las células se fabrican mediante la cristalización del silicio, por lo que se encuentran tres tipos principales (los más utilizados) “ (Tacza, 2011, p.12).

a) Monocristalino:

“presenta una estructura cristalina completamente ordenada. Se obtiene de silicio puro fundido dopado con boro. Se reconoce por su monocromía azulada oscura y metálica” (Tacza, 2011, p.12).

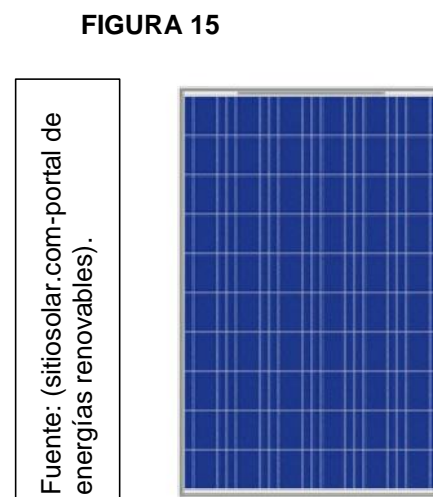


Panel solar de silicio Monocristalino.

b) Policristalino:

“presenta una estructura ordenada por regiones separadas. Las zonas irregulares se traducen en una disminución del rendimiento” (Tacza, 2011, p.12).

“Se obtiene de la misma forma que el monocristalino, pero con menos fases de cristalización (combinación de átomos). Se reconoce porque en su superficie se distinguen distintos tonos de azules y grises metálicos” (Tacza, 2011, p.12).



Panel solar de silicio policristalino.

c) Amorfo:

Presentan un alto grado de desorden y un gran número de defectos estructurales en su combinación química.

“Su proceso de fabricación es menos costoso que los anteriores (se deposita en forma de lámina delgada sobre vidrio o plástico). Tienen un color homogéneo” (Hualpa, 2008, p.27).

“El uso de células de tipo amorfo permite adaptarse a cualquier superficie y se encuentran en diferentes colores, incluso son translúcidas para ser incorporados en acristalamientos. (Hualpa, 2008, p.27).

En su contra, la potencia que se obtiene es inferior a las células que utilizan silicio monocristalino o policristalino.

“Los paneles con células de tipo amorfo se utilizan en instalaciones de fotovoltaica conectadas a red, ya que permiten una mayor integración arquitectónica en viviendas y edificios” (Hualpa, 2008, p.27)

“La más utilizada en instalaciones aisladas son las de silicio monocristalino por ofrecer un mejor rendimiento. También se utilizan en instalaciones solares conectadas a la red, como los denominados huertos solares “(Hualpa, 2008, p.27).

También existen otro tipo de células que son menos utilizadas:

De película delgada:

“Son las desarrolladas con sulfuro de cadmio (CdS) y sulfuro cuproso (Cu_2S). Su proceso de fabricación es sencillo pero su tecnología está poco desarrollada y ofrece un bajo rendimiento “ (Hualpa, 2008, p.27).

De arseniuro de Galio ($GaAs$):

“Se obtiene un elevado rendimiento con espesores muy pequeños y mantiene sus características ante elevadas temperaturas. Por el contrario, presenta un elevado coste de producción debido a que el material utilizado es poco abundante” (Hualpa, 2008, p.27).

I. Eficiencia de células fotovoltaicas

Tabla 2

Tecnología	Eficiencia del módulo
Silicio mono-cristalino	12,5 – 5 %
Silicio poli-cristalino	11 – 14%
Cobre Indio Galio Selenio	10 – 13%
Teluro de cadmio	9 – 12%
El silicio amorfo	5 – 7 %

Fuente: "Handbook for Solar Photovoltaic Systems". Publicación: Building and Construction Authority

Eficiencia de células fotovoltaicas.

Podemos notar que la eficiencia de la célula de Silicio mono-cristalina es la más alta, sin embargo, su alta pureza eleva los costos de producción y la encarecen. En nuestro caso, la mejor opción es la de utilizar la tecnología poli-cristalina, ya que es la superior en el balance rendimiento/costo. (Morales, y otros, 2009, p.22)

La eficiencia es el cociente entre la potencia eléctrica producida por el módulo y la irradiación incidente sobre el mismo. Es decir, es el cociente entre la potencia máxima (P_M) de la celda con la potencia luminosa (P_L) recibida por la célula, tal y como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{P_M}{P_L} = \frac{V_{PMP} \times I_{PMP}}{P_L}$$

En la tabla 3 se muestran los valores de eficiencia en relación al material con el que se ha fabricado el módulo fotovoltaico. (Morales, y otros, 2009, p.22)

Tabla 3

Fuente: " Handbook for Solar Photovoltaic Systems" .
Publicación: Building and Construction Authority (Gobierno de Singapur).

TECNOLOGÍA	EFICIENCIA (%)
SILICIO MONOCRISTALINO	14 – 16
SILICIO POLICRISTALINO	10 – 12
SILICIO AMORFO	6 – 8

Relación material y eficiencia del panel fotovoltaico.

J. Parámetros característicos

En las fichas técnicas los paneles muestran datos de eficiencia, voltaje y amperaje bajo condiciones estándares, las cuales son llamadas STC (Standard Test Condition). Estos parámetros son los siguientes:

- Irradiación 1000 W
- Temperatura del módulo 25 °C
- AM 1.5.

“El voltaje y la intensidad producida por los paneles fotovoltaicos depende de diversos factores, los más importantes son la irradiación y la temperatura a la cual se encuentre el módulo” (Morales, y otros, 2009, p.22).

K. Características eléctricas

“Para la realización de los cálculos se deben tener en cuenta las características eléctricas de los paneles fotovoltaicos. Es decir, que se extraen de sus hojas de características” (Morales, y otros, 2009, p.22)

“Debemos consultar la denominada curva V - I, ya que representa la relación entre la tensión y la corriente entregada del panel a partir de unos valores de irradiación o, en su defecto, se indicarán ciertos parámetros que sirven para definirla” (Morales, y otros, 2009, p.22).

Los parámetros que lo definen son:

- **Intensidad de cortocircuito:** denominado como I_{SC} , es la máxima intensidad que se puede obtener en un panel o módulo fotovoltaico. Se calcula midiendo la corriente entre los bornes del panel cuando se provoca un cortocircuito (tensión de salida de 0 voltios).
- **Tensión en circuito abierto:** denominado como V_{OC} , es el valor máximo de voltaje que se mediría en un panel o módulo si no hubiese paso de corriente entre los bornes del mismo (intensidad de 0 amperios).
- **Tensión nominal:** denominado como V_N , es el valor de diseño al que trabaja el panel o módulo fotovoltaico. Por ejemplo: 12, 24 o 48 voltios.
- **Potencia máxima:** denominada como P_M , es el valor máximo de potencia que se obtiene entre el producto de la corriente por la tensión de salida del panel o módulo fotovoltaico. Se trata del valor máximo que se puede obtener del panel o módulo fotovoltaico. También se denomina potencia de pico del panel; este último término es el más utilizado para los cálculos de una instalación conectada a la red.
- **Tensión máxima:** denominada como V_M , se corresponde con el valor de tensión para la potencia máxima. Se trata aproximadamente del 80% de la tensión en circuito abierto. En algunos casos se indica como V_{mp} (de potencia máxima).
- **Corriente máxima:** denominada como I_m , se corresponde con el valor de corriente para la potencia máxima. En algunos casos se indica como I_{mp} . (Morales, y otros, 2009, p.22)

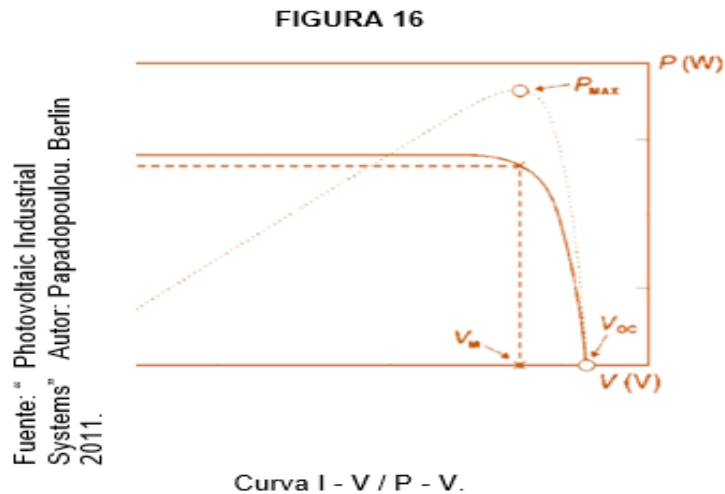
L. Curvas características

“Los paneles fotovoltaicos tienen curvas características en las cuales se muestra el funcionamiento de los paneles y su efecto ante cambios en la temperatura o radiación” (Tacza, 2011, p.12).

a) Curvas Intensidad vs Tensión y Potencia vs Tensión

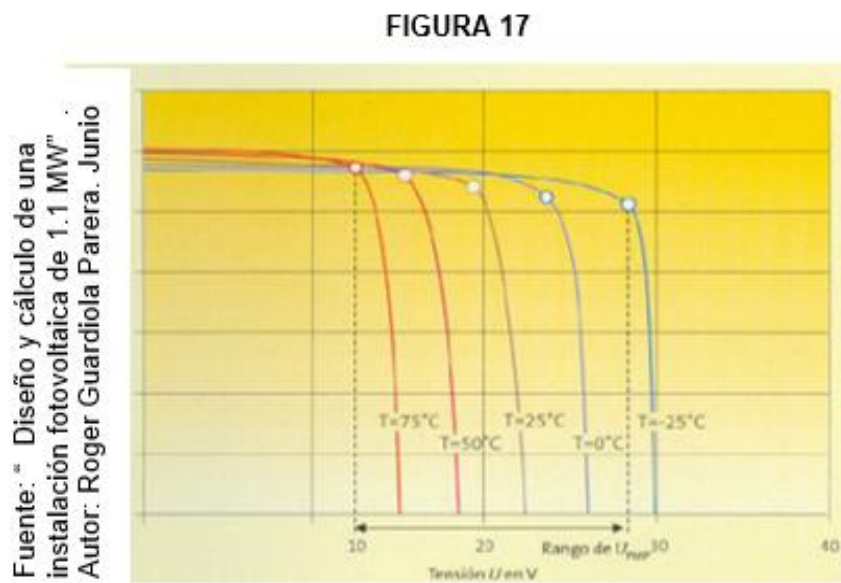
En la ilustración 38 se muestra los puntos característicos en los catálogos de paneles, usualmente se expresa la potencia del panel en el Punto de Máxima

Potencia (PMP), aunque para el cálculo del cableado es recomendable utilizar el punto de corto circuito (I_{CC}). (Tacza, 2011, p.12)



b) Efecto de la temperatura

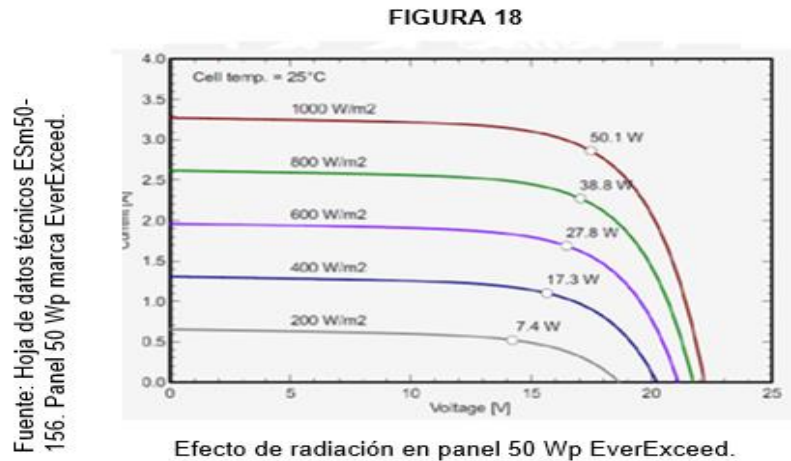
“En la ilustración 39 podemos notar que conforme disminuye la temperatura, aumenta la tensión de salida (también la potencia), y la corriente se mantiene casi constante. Este efecto se debe a que las propiedades del silicio varían con la temperatura” (Tacza, 2011, p.12).



Efecto de la temperatura.

c) Efecto de la radiación

“Es evidente que, a mayor radiación, el panel produzca una potencia mayor. Este efecto se muestra en la ilustración” (Tacza, 2011, p.12).



d) Efecto sombras

“Las sombras pueden ser muy perjudiciales tanto para la potencia entregada como para la vida útil de los paneles fotovoltaicos. Es siempre recomendable evitar sombras en los paneles” (Tacza, 2011, p.12).

Como recomendación, la distancia mínima que debe existir entre un muro, árbol o panel y un panel solar debe ser la siguiente:

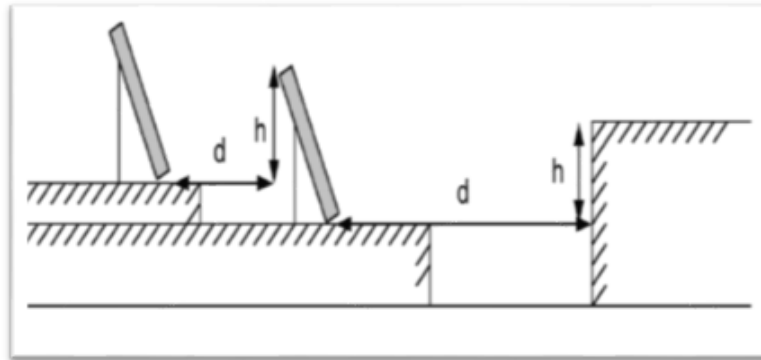
$$d_{min} = \tan^{-1} \frac{H}{d}$$

Dónde:

- **d**: Distancia entre el panel fotovoltaico y cualquier objeto causante de sombra.
- **H**: Altura de objeto causante de sombra sobre el panel fotovoltaico.

Lo cual garantiza que los paneles se encuentren libres de sombras durante por lo menos 8 horas diarias, centradas al mediodía, y a lo largo de todo el año. (Tacza, 2011, p.12)

FIGURA 19



Distanciamiento entre Filas de módulos fotovoltaicos.

M. Factor de forma

“El factor de forma se da cuando la curva V-I es ideal, se trataría así de un rectángulo, pero debido a las pérdidas por la resistencia interna del panel, la influencia de la temperatura” (Tacza, 2011, p.12).

El factor de forma relaciona la tensión y corriente máxima con la corriente en cortocircuito y la tensión en circuito abierto, como se indica en la siguiente ecuación:

$$F_F = \frac{V_{PMP} \times I_{PMP}}{V_{OC} \times I_{SC}}$$

Sabiendo que la potencia máxima es el producto de la tensión máxima y la corriente máxima y, despejando dicho término, se obtiene la ecuación que relaciona la corriente en cortocircuito y la tensión en circuito abierto con el factor de forma para obtener la potencia máxima, como se indica en la siguiente ecuación: (Tacza, 2011, p.12)

$$P_M = V_{OC} \times I_{CC} \times F_F$$

N. Energía generada por un panel

“Para el cálculo se debe tener en cuenta la energía que genera un panel solar (E_{panel}) durante un día, para ello se utiliza la siguiente ecuación” (Tacza, 2011, p.12).

$$E_{panel} = I_{panel} \times HPS \times \eta_{panel} \left(\frac{Ah}{dia} \right)$$

En donde:

- La I_{panel} , corresponde a la corriente de pico o corriente máxima.
- HPS, corresponde a las horas de pico solar (horas de suficiente irradiación solar)
- η_{panel} , corresponde al rendimiento del panel.
- En el rendimiento del panel (η_{panel}), se puede escoger valores típicos entre el 85 al 95%. Como norma general se escoge un rendimiento general del 90%, por lo que se multiplica por 0,9.

(Tacza, 2011, p.12)

O. Símbolo

“El símbolo de una celda solar o de un panel solar se puede encontrar representado como en la ilustración 42” (Morales, y otros, 2009, p.22).

P. Para la asociación de módulos fotovoltaicos existen tres posibilidades:

PARALELO:

Se conectan todos los polos positivos y, por separado, todos los polos negativos. Con ello se consigue aumentar la corriente generada y mantener un mismo valor de tensión. La corriente generada es igual a la suma de todas las corrientes generadas por cada módulo, o lo que es lo mismo, el producto de la corriente generada por un módulo por el número de módulos (se supone que tienen las mismas características). Se muestran un ejemplo en la ilustración 43, con 4 módulos fotovoltaicos de 12 voltios y 1 amperio conectados en paralelo, para suministrar 12 voltios y 4 amperios. (Morales, y otros, 2009, p.22)

SERIE:

“Se conectan un polo positivo de un módulo con el polo negativo del siguiente. Con ello se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada” (Morales, y otros, 2009, p.22).

“La tensión generada es igual a la suma de todas las tensiones por cada módulo, o lo que es lo mismo, el producto de la tensión de un módulo por el número de módulos “ (Morales, y otros, 2009, p.22). Se muestra un ejemplo en la ilustración 44, con 2 módulos fotovoltaicos de 12 voltios y 1 amperio conectados en serie, para suministrar 24 voltios y 1 amperio (Morales, y otros, 2009, p.22).

MIXTO:

“Asociados tanto en serie como en paralelo” (Morales, y otros, 2009, p.22).

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo diseñar un sistema de electrificación rural fotovoltaica para suministrar energía eléctrica al caserío Paredones?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.**Justificación Tecnológica**

En el diseño del Sistema Fotovoltaico, se tomará en cuenta los últimos avances tecnológicos que permitirá realizar una captación y un seguimiento preciso de la radiación solar, logrando una mayor eficiencia con respecto al aumento de la generación de energía eléctrica, dicha tecnología recopilada servirá como guía para futuros proyectos similares en la región y así contribuir al esfuerzo que se está haciendo desde todas las instituciones para impulsar este tipo de tecnologías creando un marco propicio para su desarrollo.

Justificación económica

El diseño de este sistema de generación requiere de recursos económicos los cuales costeen los gastos del sistema al principio, teniendo en cuenta que esta inversión es recuperable de manera muy significativa en el costo de la energía eléctrica.

Justificación Social

El diseño de Sistema Fotovoltaico de paneles solares posibilitará beneficios provechosos en cuanto al aumento de la calidad de vida de los habitantes, solucionando el servicio de energía eléctrica en localidades rurales inaccesibles. Dando lugar al inicio de expectativas de progreso y desarrollo para la comunidad, brindándoles así un mejor futuro para sus familias.

Justificación Ambiental

Los sistemas fotovoltaicos tienen como elementos vertebradores, la transmisión de valores medioambientales centrados en el ahorro, la autosuficiencia y la eficiencia. Ahorro desde el punto de vista energético, de reutilización de materiales usados en detrimento del derroche de recursos, de cuidado y buen uso de los elementos del mismo. Autosuficiencia, dando especial énfasis al autoabastecimiento energético creando nuestro propio sistema autónomo de generación de electricidad y fomentando la utilización de recursos usados en la propia materia y no del exterior. Eficiencia desde el punto de vista energético, y de construcción del mismo, intentando lograr los objetivos propuestos con la menor cantidad de recursos disponibles. Otorgando al proyecto una clara inclinación ambiental, intentando caminar hacia esa sostenibilidad real de nuestra sociedad.

Este aspecto el de sostenibilidad real, resulta esencial en una sociedad cada día más acuciada por el problema del calentamiento global y del cambio climático. En una sociedad donde se han tomado patrones de desarrollo ilimitados promoviendo el derroche, donde las desigualdades fragmentan al planeta, donde el poder energético apisona los recursos. De ahí, que no debamos caer en la tentación de dejar de afrontar estos temas de manera

directa en la escuela, ya que la verdadera transformación social hacia el arraigo de esos valores ambientales centrados en el ahorro, la auto suficiencia y la eficiencia, pasan por una responsabilidad de todos.

1.6. HIPÓTESIS.

Con el Diseño del sistema de electrificación rural fotovoltaica se logra suministrar energía eléctrica al caserío paredones distrito Chongoyape.

1.7. OBJETIVOS.

1.7.1 Objetivos General

Diseñar un sistema de electrificación rural fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al Caserío Paredones, Distrito de Chongoyape 2016.

1.7.2 Objetivos específicos

- Determinar los niveles promedio de radiación solar que se registran en la zona.
- Realizar el estudio de la Máxima Demanda de los domicilios.
- Diseñar y seleccionar los equipos que conforman el sistema de generación solar fotovoltaico.
- Realizar la evaluación técnica y económica para la implementación del sistema de generación solar fotovoltaico.

II. MÉTODO

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

El diseño de investigación de este proyecto de tesis es del tipo No Experimental – descriptiva.

2.1.1 Diseño no experimental

Se define como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente las variables (independiente), lo que hacemos en la investigación no experimental es observar los fenómenos tal como se da en su contexto natural para posteriormente analizarla. (Roberto Hernández Sampieri, 2006. Pág. 13).

2.1.2 Diseño descriptivo

Comprende la descripción como registro, análisis interpretación de la naturaleza y la composición y los procesos; esta trabaja sobre realidades de hechos y su caracterización fundamental es la de interpretación correcta (Tamayo, 2003, p.17)

Considera que los estudios descriptivos busca especificar las propiedades importantes de personas grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis (Roberto Hernández Sampieri, 2006. Pág. 13)

Este tipo de estudio usualmente describe situaciones y eventos, es decir como son y se comportan determinados fenómenos. “Los estudios descriptivos buscan especificar propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que esté sometido a análisis”.

2.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.

2.2.1. Variable Independiente.

Sistema de electrificación rural Fotovoltaico

2.2.2. Variable Dependiente.

Suministro de energía eléctrica

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
<p><u>Variable independiente:</u></p> <p>Sistema de electrificación rural Fotovoltaico</p>	<p>Una instalación solar fotovoltaica aislada es un sistema de generación de corriente sin conexión a la red eléctrica que proporciona al propietario energía procedente de la luz del sol. Normalmente requiere el almacenamiento de la energía fotovoltaica generada en acumuladores solares -o baterías- y permite utilizarla durante las 24 horas del día. (Hernandez, y otros, 2010, p.17)</p>	<p>La Corriente eléctrica que genere el Sistema Solar Fotovoltaico Aislado, el mismo que depende de la incidencia de la radiación solar sobre metro cuadrado. Determinado por un instrumento denominado: PIRRADIÓMETRO: para medir la Radiación Solar y Terrestre.</p>	<p>Radiación Solar Potencia del Panel Solar</p>	<p>Ficha de recolección de datos</p>	<p>Razón</p>
<p><u>Variable dependiente:</u></p> <p>Suministro de Energía Eléctrica</p>	<p>Es la energía eléctrica obtenida de la transformación de la energía solar mediante las células solares, que forman parte esencial de los sistemas fotovoltaicos que posibilitan el uso de esta energía eléctrica en distintas aplicaciones. (Hualpa, 2008, p.27.)</p>	<p>Saidur e Islam (2010, P.52). Las ERNC son fácilmente accesibles para toda la humanidad alrededor del mundo. Su accesibilidad radica en que existe una amplia gama de ellas, y además se encuentran en forma abundante en la naturaleza.</p>	<p>Energía Eléctrica consumida Potencia Eléctrica requerida</p>	<p>Ficha de recolección de datos</p>	<p>Razón</p>

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.

2.3.1 Población:

La población permite recaudar todos los elementos de análisis que permite hacer posible el logro de los objetivos de estudio.

El concepto de población finita como: “aquella que está conformado por un número pequeño de personas” ya que representa a las personas que serán entrevistadas (Hernandez, y otros, 2010, p.17).

Para el presente trabajo de investigación la Población estará constituida por las 23 viviendas del caserío Paredones, Distrito de Chongoyape.

2.3.2 Muestra:

Una muestra es un conjunto de unidades, una porción del total, que representa la conducta del universo en su conjunto. Una muestra, en un sentido amplio no es más que eso, una parte de todo que se llama universo o población y que sirve para representarlo (Hernandez, y otros, 2010, p.17).

En el presente proyecto de investigación la muestra es igual a la población.

2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad.

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

a. Entrevista

La técnica consiste simplemente en plantear las preguntas tan rápidamente como el entrevistado sea capaz de comprender y de responder (Pardinas, 2005, p.105)

b. Técnica de observación

Las técnicas de observación son procedimientos que utiliza el investigador para presenciar directamente el fenómeno que estudia, sin actuar sobre él es, sin modificarlo o realizar cualquier tipo de operación que permita manipular (Pardinas, 2005, p.105).

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los Instrumentos de recolección de datos utilizados en el presente trabajo de investigación son:

2.4.2.1 El cuestionario:

El cuestionario presupone estructurar un conjunto de cuestiones que están en el planteamiento del problema, pero que concreta las ideas, creencias o supuestos que tiene el investigador. Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto a uno o más variables a medir. Ver Anexo I.

2.4.2.2 Fichas de observación:

Las fichas de observación son instrumentos de la investigación de campo. Se usan cuando el investigador debe registrar datos que aportan otras fuentes como son personas, grupos sociales o lugares donde se presenta la problemática.

Son el complemento del diario de campo, de la entrevista y son el primer acercamiento del investigador a su universo de trabajo.

Estos instrumentos son muy importantes, evitan olvidar datos, personas o situaciones, por ello el investigador debe tener siempre a la mano sus fichas para completar el registro anecdótico que realiza cuando su investigación requiere trabajar directamente con ambientes o realidades. Ver Anexo II.

2.4.2.3 Validez confiabilidad

Para obtener la validación y confiabilidad del instrumento que se aplicó, se realizó a través de un juicio a expertos en cuanto a contenido y elaboración del instrumento.

2.5 Métodos de análisis de datos

El análisis de datos consiste en la realización de las operaciones a las que el investigador someterá los datos con la finalidad de alcanzar los objetivos del estudio. A Todas estas operaciones no pueden definirse de antemano de manera rígida. La recolección de datos y ciertos análisis preliminares pueden revelar problemas y dificultades que des actualizarán la planificación inicial del análisis de los datos. A Sin embargo es importante planificar los principales aspectos del plan

de análisis en función de la verificación de cada una de las hipótesis formuladas ya que estas definiciones condicionarán a su vez la fase de recolección de datos.

En nuestro proyecto de investigación se utilizó la **estadística descriptiva** como método para el análisis de los datos obtenidos mediante nuestro instrumento (cuestionario de encuesta y recolección de datos).

2.6 Aspectos éticos

En el presente proyecto de investigación se consideraron aspectos éticos como el respeto a la propiedad intelectual, el respeto a la información confidencial por parte de los autores.

Además, al aplicar el instrumento de recolección de datos se está evitando herir la susceptibilidad de los individuos que participaron en el estudio; respetando su privacidad y protegiendo su identidad, proporcionándonos resultados honestos y confiables.

En este proyecto se respeta la privacidad de la información porque se está dejando las referencias citando a cada autor.

III. RESULTADOS

3.1. Determinar los niveles promedio de radiación solar que se registran en la zona.

Esta determinación se hace en base al mes peor, es decir el mes que tiene un menor valor de radiación durante el año, y en base a la tabla (horas de sol mensual en el departamento de Lambayeque).

Tabla 4**Irradiación existente en el caserío Paredones
Fuente: Elaboración propia**

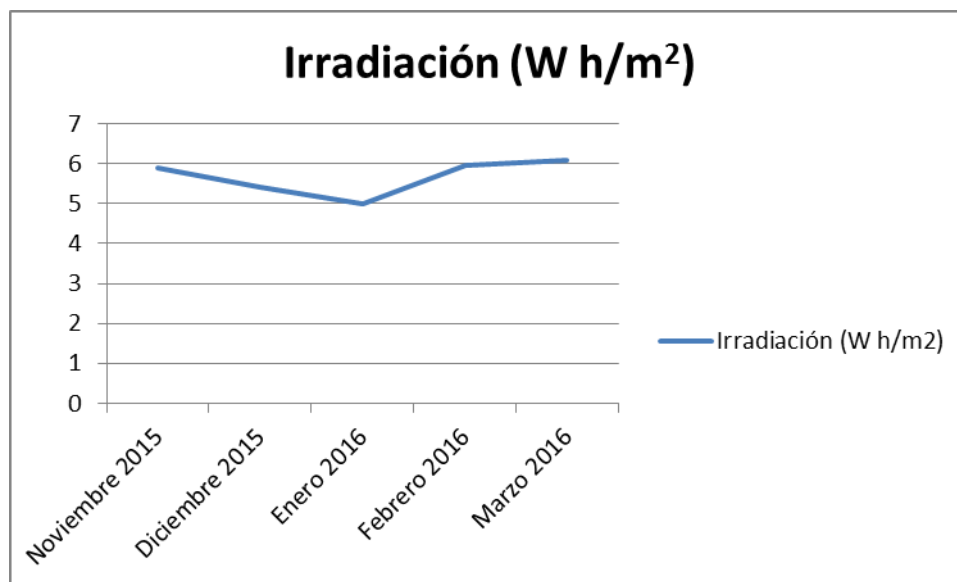
MES	TIEMPO (h) e IRRADIANCIA (w/m ²)													Irradiación (w h/m ²)
	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:30	
Noviembre 2015	0	81	207	554	584	752	883	959	834	608	316	108	0	5.886
Diciembre 2015	0	111	213	402	618	794	901	933	699	440	219	93	0	5.423
Enero 2016	0	86	195	358	537	703	842	926	775	529	275	113	0	5.000
Febrero 2016	0	128	316	518	712	828	872	906	793	500	263	112	0	5.948
Marzo 2016	0	129	276	499	715	868	949	1005	778	498	266	116	0	6.099

Fuente: Elaborado por el autor

En el sistema solar solo hemos tomado datos de 5 meses de evaluación los cuales son de noviembre a marzo del 2016 y hemos obtenido sus promedios de irradiación respectivamente para cada mes.

Necesitaríamos conocer la irradiación del mes peor o mes desfavorable, en este caso octubre ya que con este dato se dimensionaría nuestro sistema híbrido. Para esto, según el reglamento técnico RD 003-2007-EM/DGE (especificaciones técnicas y sus componentes para electrificación rural) dice que, en el caso que se desconozca el lugar de destino final, debe tomarse en cuenta las condiciones extremas del área donde se intervendrá o en el caso extremo usar las siguientes condiciones generales:

- Irradiación mínima mensual anual :5,0 kW h/m² – día



Tomaremos el 5,0 kW h/m² - día como dato y lo reemplazaremos en la Hs para el dimensionamiento de nuestro sistema.

3.2 Realizar el estudio de la Máxima Demanda.

Las futuras cargas eléctricas a suministrar de energía en el Caserío Paredones del Distrito de Chongoyape son:

Tabla 5

TIPO DE CARGA	CANTIDAD
Domiciliarias	19
Posta	01
Colegio	01
Capilla	01
Casa Comunal	01
TOTAL	23

Cargas en el Caserío Paredones.

CARGAS DOMICILIARIAS

Descripción	Tensión	Uni d.	Potencia (W)	Pot. Tot. (W)	Uso diario (h)	Energía/día (Wh/día)	Carga/día (Ah/día)
Foco Ahorrador	220 V c.a.	4	20	80	5	400	1,82
Radio	220 V c.a.	1	30	30	5	150	0,68
Televisor	220 V c.a.	1	50	50	5	250	1,13
Licuadaora	220 V c.a.	1	230	230	0,1	23	0,01
Cargador de Celular	220 V c.a.	1	5	5	0,5	2,5	0,04
Reproductor de DVD	220 V c.a.	1	20	20	0,5	10	3,78
TOTAL			355	415	16,1	835,5	3,78
Consumo Total C.A. en W-h						835,5	3,78

Energía diaria: $835,5 \times 19$ viviendas = 15 874 W-h/día

Potencia: 415×19 viviendas = 7 885 W

CARGAS POSTA

Descripción	Tensión	Uni d.	Potencia (W)	Pot. Tot. (W)	Uso diario (h)	Energía/día (Wh/día)	Carga/día (Ah/día)
Foco Ahorrador	220 V c.a.	2	20	40	5	200	0,91
Fluorescente	220 V c.a.	2	40	80	5	400	1,82
Ventilador	220 V c.a.	1	50	50	0,5	25	0,11
Televisor	220 V c.a.	1	50	50	1	50	0,22
TOTAL			160	220		675	3,06
Consumo Total C.A. en W-h						675	3,06

Energía diaria: 675 x 01 Posta = 675 W-h/día
 Potencia: 220 x 01 posta = 220 W

CARGAS COLEGIO

Descripción	Tensión	Unid.	Potencia (W)	Pot. Tot. (W)	Uso diario (h)	Energía/día (Wh/día)	Carga/día (Ah/día)
Foco Ahorrador	220 V c.a.	2	20	40	5	200	0,91
Fluorescente	220 V c.a.	3	40	120	5	600	2,73
Televisor	220 V c.a.	1	50	50	1	50	0,22
Ventilador	220 V c.a.	1	50	50	0,5	25	0,11
TOTAL			160	260		875	3,97
Consumo Total C.A. en W-h						875	3,97

Energía diaria: 875 x 01 Colegio = 875 W-h/día
 Potencia: 260 x 01 Colegio = 260 W

CARGAS CAPILLA:

Descripción	Tensión	Unid.	Potencia (W)	Pot. Tot. (W)	Uso diario (h)	Energía/día (Wh/día)	Carga/día (Ah/día)
Fluorescente	220 V c.a.	3	40	120	5	600	2,73
TOTAL			40	120		600	2,73
Consumo Total C.A. en W-h						600	2,73

Energía diaria: 600 x 01 Capilla = 600 W-h/día
 Potencia: 120 x 01 Capilla = 120 W

CARGAS CASA COMUNAL

Descripción	Tensión	Unid.	Potencia (W)	Pot. Tot. (W)	Uso diario (h)	Energía/día (Wh/día)	Carga/día (Ah/día)
Foco Ahorrador	220 V c.a.	2	20	40	5	200	0,91
Radio Grabador	220 V c.a.	1	30	30	1	30	0,14
TOTAL			50	70		230	1,05
Consumo Total C.A. en W-h						230	1,05

Energía diaria: 230 x 01 Casa Comunal = 230 W-h/día
 Potencia: 70 x 01 Casa Comunal = 70 W

ALUMBRADO PUBLICO

N° de Usuarios	KALP	CMAP (kW-h)	PPL (W)	PI	Puntos de Iluminación	FS	W
23	6,3	144,9	50	04	04	1,00	200

Energía diaria: $144,9 / 30 = 2\ 310$ W-h/día

Potencia: $4 \times 50 \times 01 = 200$ W

Entonces:

$$\text{Energía Total Diaria} = 15\ 874 + 875 + 600 + 230 + 2310 + 675$$

$$\text{Energía Total Diaria} = 20\ 564 \text{ W-h/día}$$

$$\text{Demanda Máxima en Potencia} = 7\ 885 + 220 + 260 + 160 + 70 + 200$$

$$\text{Demanda Máxima en Potencia} = 8\ 795 \text{ W}$$

3.3 Diseñar y seleccionar los equipos que conforman el sistema de generación solar fotovoltaico.

3.3.1 Dimensionamiento de nuestro sistema

Tomaremos el $5,0 \text{ kW h/m}^2$ - día como dato y lo reemplazaremos en horas (Hs) para el dimensionamiento de nuestro sistema.

Días de autonomía:

$$N = 5 \text{ días}$$

Profundidad de descarga máxima de la batería:

$$PD \text{ máx.} = 0,7$$

Factor global de rendimiento de instalación (R):

$$R = 1 - [(1 - K_b - K_c - K_v) K_a \times N / PD] - K_b - K_c - K_v$$

Ka = Coeficiente de Auto descarga; es la fracción de energía de la batería que se pierde al día por auto descarga.

Kb = Coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador, representa la fracción de energía que no devuelve la batería con respecto a la que absorbe procedente del campo generador.

Kc = Coeficiente de pérdidas en el inversor, el rendimiento de un inversor debe ser suministrado por el fabricante.

Kv = Coeficiente de otras pérdidas, tiene en cuenta cualquier otra pérdida no considerada anteriormente (pérdidas en los aparatos eléctricos cables de construcción y conexiones)

Kb = 0,05, Ka = 0,0005 (generalmente)

Kc = 0,2. Cuando hay convertidor senoidal que afecta a todo el circuito de consumo

Kv = 0,15 Si las potencias de partida son las teóricas de cada aparato
Reemplazando:

$$R = 1 - [(1 - 0,05 - 0,2 - 0,15) \times 0,005 \times 5/0,7] - 0,05 - 0,2 - 0,15$$

$$R = 0,578$$

Energía necesaria diaria (E):

$$E = ET / R \text{ (Wh)}$$

Dónde:

ET: consumo total diario – teórico

R: Factor global de rendimiento de radiación

$$E = 20564 / 0,578$$

$$E = 35577,85 \text{ W-h}$$

3.3.2 Ubicación de la Minicentral Fotovoltaica

Tabla 6

Proyecto	Diseño de una Minicentral Fotovoltaica
Localidad	Paredones
Norte	9 864 258
Este	632 587
Horas de Autonomía	5
Tensión	24 V
Tipo de Batería	Batería 24 V – 155Ah Formula Star
Tipo de Regulador	Regulador LEO3 24V 250 A DB – Atersa
Tensión de consumo	220 AC
Inversor	RICH ELECTRIC 24V/6000W

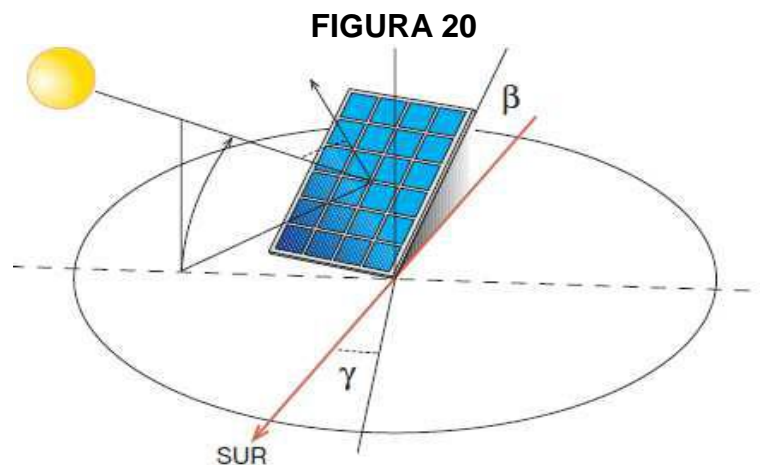
Fuente: Elaboración Propia.

Datos de Paredones y componentes del sistema

3.3.3. Orientación del campo generador fotovoltaico

Para aprovechar al máximo la radiación solar que incide sobre el campo de la Minicentral fotovoltaica se debe tener en cuenta:

- Orientación de los paneles fotovoltaicos de la minicentral: hacia el sur si el lugar está en el hemisferio norte y hacia el norte si el lugar está hacia el hemisferio sur.
- La latitud del lugar en donde se instalará la minicentral fotovoltaica al cual se le adicionará $+10^\circ$ si el lugar está en el hemisferio sur, o -10° si está en el hemisferio norte.



Orientación de una superficie en el hemisferio norte

Tipo de instalación	Uso	Máxima captación de energía	Inclinación Óptima
Conectadas a la red	Anual	Anual	$\beta_{opt} = \phi - 10$
Bombeo de agua	Anual	Verano	$\beta_{opt} = \phi - 20$
Autónomas de consumo anual constante	Anual	Periodo de menor radiación (Por ejemplo, invierno)	$\beta_{opt} = \phi + 10$

Tabla 7.

Inclinaciones óptimas en función del periodo de máximas captación (Fuente: Instalaciones Solares Fotovoltaicas – German Santamaría Agustín).

Orientación e Inclinación Óptima:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \cdot |\phi|$$

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \times 5$$

$$\beta_{opt} = 7,15^\circ$$

Cabe señalar que en cualquier caso es más recomendable una inclinación mayor a 15° , para que el agua de la lluvia pueda circular adecuadamente sobre el panel además de la no retención de mucho polvo, pero según datos recopilados se emplea una inclinación de 15° en el norte del Perú.

$$\beta_{opt} = \phi + 10 = 5 + 10 = 15^\circ$$

La localidad está en el hemisferio sur, en consecuencia, la Minicentral Fotovoltaica se orientará hacia el norte magnético, con una inclinación de 15° con respecto a la horizontal. La latitud del lugar es de 5° . Para efectos de montaje se considerará 15° .

El Acimut:

El acimut α debe ser cero, por la orientación de una superficie en el hemisferio norte, ya que nos encontramos en la línea ecuatorial. Donde $\alpha = 0^\circ$

Tabla 8

Latitud	Factores de Inclinación (K)			
	15°	20°	25°	30°
0 - 5°	0.99	0.97	0.94	0.92
5° - 10°	1.01	1.00	0.98	0.96

Tabla de inclinaciones de factores en el Perú

Por lo tanto: $K = 1.01$

El factor de Irradiación:

Para ángulos de inclinación: $\beta \leq 15^\circ$

$$FI = 1 - (1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2)$$

$$FI = 1 - (1,2 \times 10^{-4} (0 - 15)^2)$$

$$\mathbf{F.I = 0,973}$$

Factor de sombreado:

Porcentaje de radiación no existente sobre el generador, respecto al caso de la ausencia total de sombras sobre el panel solar.

$$\mathbf{FS = 1 \text{ cte.}}$$

Irradiación global diaria

$$G_{dm}(0) = 35577,85 \text{ Wh/día} / 3600 = 9.88 \text{ kWh/ (m}^2 \cdot \text{ día)}$$

Cálculos del valor medio de la radiación diaria sobre la superficie del generador.

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) \cdot K \cdot FI \cdot FS$$

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = (9.88) \times (1,01) \times (0,973) \times (1)$$

$$\mathbf{G_{dm}(\alpha, \beta) = 9.71 \text{ kWh/m}^2}$$

3.3.4. Cálculo y Selección de los módulos fotovoltaicos

$$Pr = Pp / G_{dm}(\alpha, \beta) \times 0.6$$

Pr = Potencia requerida para los paneles (W)

Pp = Energía consumida (Wh/día)

0.6 = Factor de rendimiento (batería, regulador e inversor)

$G_{dm}(\alpha, \beta)$ = Valor medio mensual de irradiación sobre la superficie del generador (Wh/m²)

G_{cem} = Cte (irradiancia en condiciones CEM (1000 W/m²)).

$$Pr = 20564 \times 1000 / (9710 \times 0,6)$$

$$\mathbf{Pr = 3530 \text{ W}}$$

Teniendo en cuenta la potencia del generador se le sumara 20% del valor mínimo del generador a medida de ampliación.

$$P_{max} = P_r \times 1.2$$

$$P_{max} = 3\,530 \times 1.2$$

$$P_{max} = 4\,236 \text{ W}$$

Tamaño del campo de captación:

$$N_p = P_{max} / C$$

Dónde:

N_p : Número de paneles

P_{max} : Potencia máxima

C : Potencia de captación del panel elegido

$$N_p = 4236 / 275W = 15,4$$

$$N_p = 16 \text{ paneles}$$

Selección del panel fotovoltaico:

Modulo del Panel. **275 Wp**

Marca: Sun Earth

Tabla 9.

Características Eléctricas				
	275Wp	280Wp	285Wp	290Wp
Potencia Máxima (P_{max})	275Wp	280Wp	285Wp	290Wp
Tolerancia de Potencia (%)	±3	±3	±3	±3
Tensión máxima (V_{mp})	34.9	35.0	35.1	35.2
Corriente máxima (I_{mp})	7.88	8.00	8.12	8.24
Tensión de circuito abierto (V_{oc})	43.9	44.0	44.1	44.2
Corriente de Cortocircuito (I_{sc})	8.34	8.43	8.51	8.59
Tensión máxima del sistema (VDC)	1000	1000	1000	1000
Coeficiente de temperatura V_{oc}	- 0.35%/0°C			
Coeficiente de Temperatura I_{sc}	+ 0.05%/0°C			
Coeficiente de temperatura de alimentación	- 0.45%/0°C			
Temperatura Nominal de funcionamiento (NOTC)	45.5°C±2%			

Características eléctricas del panel seleccionado

Curvas I – V (290 W)

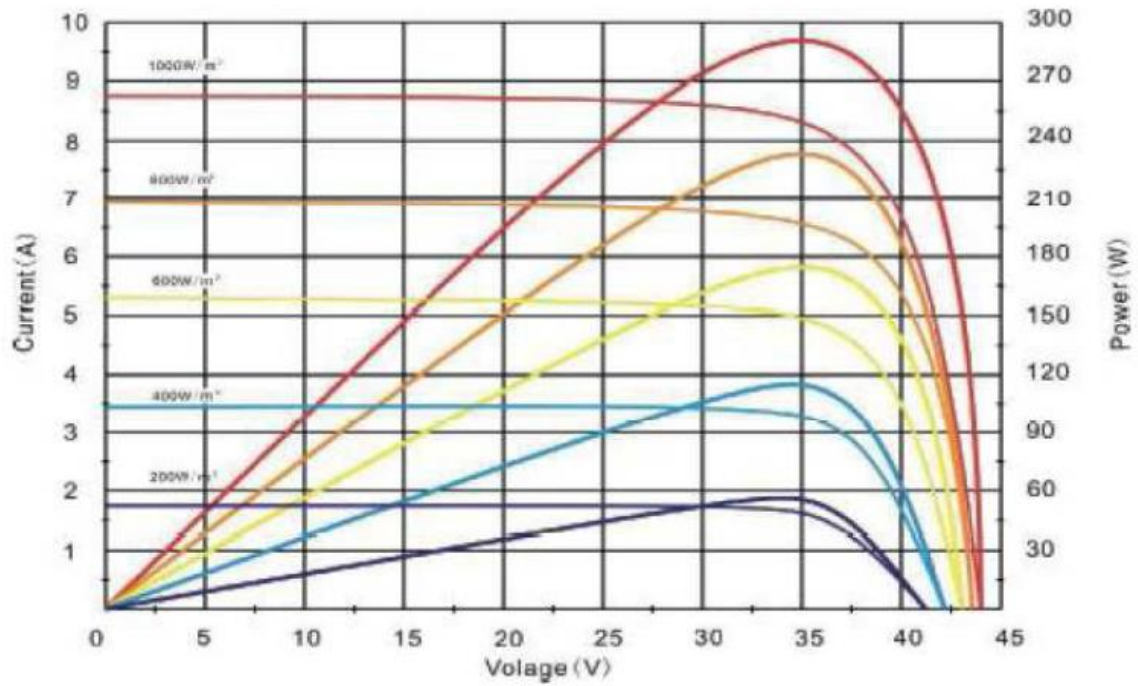
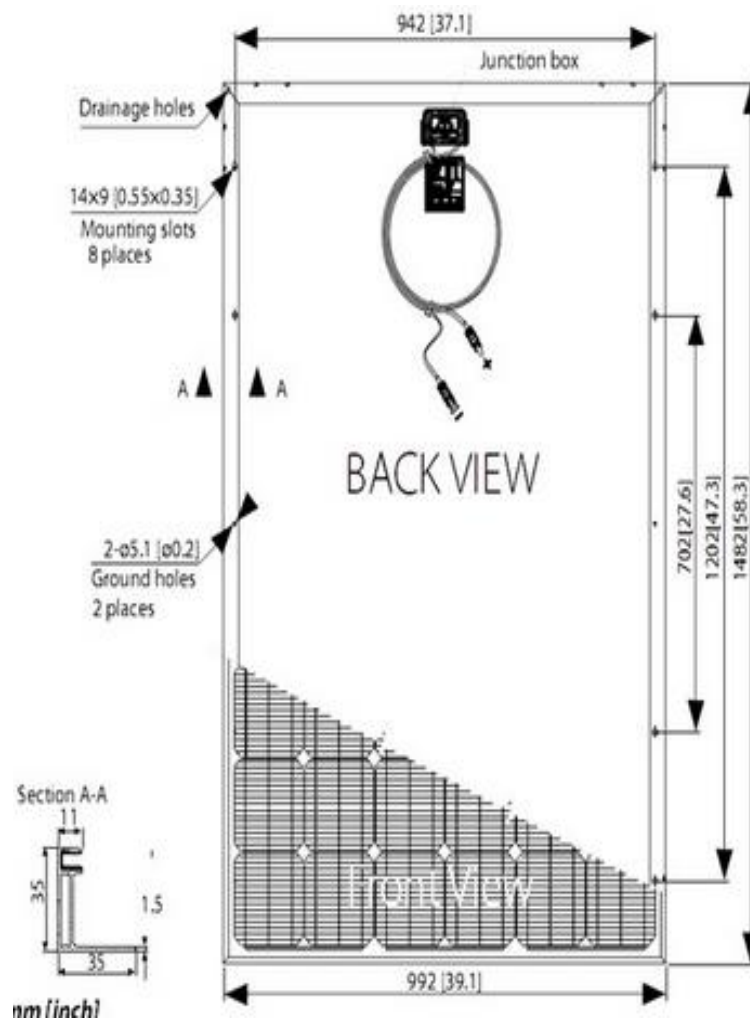


Tabla 10.

Células	
Marca de la célula solar	Sun-Earth
Tipo de célula	Célula Policristalina
Tamaño de la célula	156 x 156 mm
Forma de la célula	Cuadrada
Número de células	72 en serie
AM	1.5
Irradiación	1000 W/m ²
Tc	25°C

Células características del panel seleccionado

3.3.5. Dimensiones del panel fotovoltaico



3.3.6. Determinación del Voltaje y Potencia en el Panel

Tabla 11.

Potencia	Tensión Nominal
$P \leq 800W$	12 V
$800W < P \leq 1600 W$	24 V
$1600 W < P \leq 3200 W$	48 V
$3200 W < P$	120 V o 300 V

Tensión nominal del sistema en función de la potencia.
(Fuente: DEP – MEM)

Parámetros característicos de un módulo fotovoltaico

$$UM = Ns \times Uc$$

Donde:

UM: tensión del módulo (V)

Uc: tensión de una célula solar (V)

Ns: número de células asociadas en serie

$$UM = 1 \times 43,9 \text{ V}$$

$$\mathbf{UM = 43,9 \text{ V}}$$

$$IM = Np \times Ic$$

Donde:

IM: intensidad del módulo (A)

Np: número de células/ramas en paralelo

Ic: intensidad de una célula solar (A)

$$IM = 15 \times 8,34 \text{ A}$$

$$\mathbf{IM = 125,10 \text{ A}}$$

Potencia de una célula:

$$Pc = Uc \times Ic = 43,9 \times 8,34$$

$$\mathbf{Pc = 366,126 \text{ W}}$$

$$PM = Ns \times Np \times Pc$$

Donde:

PM: potencia del módulo (W)

Pc: potencia de una célula solar (W)

Ns: número de células asociadas en serie

Np: número de células/ramas en paralelo

$$PM = 1 \times 15 \times 366,126 \text{ W}$$

$$\mathbf{PM = 5\,491,89 \text{ W}}$$

Conexión de módulos en serie - paralelo

$$IG = Np \times IM$$

Donde:

IG: intensidad del generador (A)

IM: intensidad de un módulo (A)

Np: número de módulos conectados en paralelo

$$IG = 15 \times 8,34 \text{ A}$$

$$\mathbf{IG = 125,10 \text{ A}}$$

$$UG = Ns \times UM$$

Donde:

UG: tensión del generador (V)

UM: tensión de un módulo (V)

Ns: número de módulos conectados en serie = 1

$$\mathbf{UG = 1 \times 43,9}$$

$$\mathbf{UG = 43,9 \text{ V}}$$

Otro parámetro a considerar es el envejecimiento del sistema y según características del fabricante el rendimiento del sistema se reduce 20% después de 25 años de su fabricación.

$$P_{25\text{años}} = 275 - (275 \times 0.2)$$

$$P_{25\text{años}} = 275 - 55$$

$$P_{25\text{años}} = 220 \text{ W}$$

3.3.7. Selección de las estructuras de soporte

Soporte STR05V – 1642 – 994 para superficies planas de inclinación regulable, cinco paneles solares en vertical – TECHNO SUN (Brasil)

El sistema de sujeción regulable para suelo o tejado plano de Techno Sun permite maximizar su producción gracias a su sistema ajustable de anclaje, y cumple la normativa AS/NZS 1170.

Mejor orientación y mayor potencia anual

La óptima orientación de los paneles solares incide directamente en su capacidad de producción. Las estructuras regulables STR de Tecno Sun permiten y buscan el mejor ajuste azimutal de inclinación gracias a sus patas regulables entre 30 y 60 grados (opcional 15/30 grados) y su situación en superficies planas irregulares.

Características

El sistema de sujeción incluye de serie los siguientes elementos (cantidades en base al modelo del kit):

1. Carriles de aluminio
2. Sujeciones entre paneles
3. Sujeciones para finales de paneles
4. Patas frontales ajustables
5. Patas traseras regulables 30/60° (opcional 15/30°)
6. Conocer toma a tierra entre paneles y cable

FIGURA 21
Componentes



FIGURA 22
Sistema de Inclinación Ajustable



FIGURA 23

Soportes



Item No.	Description	Leg Length
ADFL	AD Front Leg	
ADRL1015	AD Rear Leg 10/15 deg	240~360mm
ADRL1530	AD Rear Leg 15/30 deg	340~680mm
ADRL3060	AD Rear Leg 30/60 deg	700~1200mm

FIGURA 24
Información técnica

Install Site	Low profile roof or open field
Tilt Angle	10deg ~ 60deg
Building Height	up to 20m
Max Wind Speed	up to 60m/s
Snow Load	up to 1.4kN/m ²
Standards	AS/NZS 1170 & DIN 1055 & Other
Material	Aluminum alloy & Stainless Steel
Color	Natural
Anti-corrosive	Anodized
Warranty	Ten years warranty
Duration	More than 20 years

3.3.8. Selección del regulador de carga

Calculo de corriente de entrada del regulador:

$$I_{ing-regulador} = P_r / V_{DC}$$

Dónde:

Pr = Potencia requerida para los paneles (W)

Vdc = Tensión máxima del sistema (V)

$$I_{\text{ing-regulador}} = 6209 / 24 \text{ V}$$

$$I_{\text{ing-regulador}} = 258,7 \text{ Ah}$$

Para este caso seleccionaremos un regulador de 250 A y 24V

Características técnicas

Código	Modelo	Vn (V)	Ip (A)	Ic (A)	Reg C	DB	Consumo	Mejor resol			
2005039	Reg LEO3 125A 12V	12	125	-----	No	No	40 mA	1%			
2005041	Reg LEO3 125A 12V DB					Si					
2005080	Reg LEO3 75/75A 12V		75	75	Si	No	50 mA				
2005085	Reg LEO3 75/75A 12V DB					Si					
2005110	Reg LEO3 75A 12V					-----			No		
2005115	Reg LEO3 75A 12V DB					Si					
2007094	Reg LEO3 150/75A 12V		150	75	Si	No					
2007108	Reg LEO3 150A 12V DB					-----	No				
2005020	Reg LEO3 125/125A 24V	24	125	125	Si	No	40 mA				
2005025	Reg LEO3 125/125A 24V DB					Si					
2005040	Reg LEO3 125A 24V		75	-----	No	No	50 mA				
2005045	Reg LEO3 125A 24V DB					Si					
2005090	Reg LEO3 75/75A 24V					75			Si	No	
2005095	Reg LEO3 75/75A 24V DB					75				Si	
2005120	Reg LEO3 75A 24V					-----			No	No	
2005125	Reg LEO3 75A 24V DB									Si	
2007082	Reg LEO3 250A 24V					250		No			
2005060	Reg LEO3 50/50A 48V					48		50	50	Si	No
2005065	Reg LEO3 50/50A 48V DB	Si									
2005070	Reg LEO3 50A 48V	75	-----	No	No		50 mA				
2005075	Reg LEO3 50A 48V DB				Si						
2005100	Reg LEO3 75/75A 48V				75			75	Si	No	
2005105	Reg LEO3 75/75A 48V DB									Si	
2005130	Reg LEO3 75A 48V				-----			No	No		
2005135	Reg LEO3 75A 48V DB								Si		
2007054	Reg LEO3 150A 48V								150	No	No
2007078	Reg LEO3 200A 48V								200		
2007091	Reg LEO3 225A 48V	225									
2007109	Reg LEO3 225A 48V DB	225	Si								
2007079	Reg LEO3 150/50A 48V	150	50	Si	No						
2007114	Reg LEO3 200/50A 48V	200									

Regulador LEO3 24V 250 amperios DB – Atersa (Grupo Elecnor)

Tensión Nominal = 24 Vcc

Intensidad máxima de carga panel = 250 A

Dimensiones caja metálica = 600x400x200 mm

Grado de protección IP 55



Salidas auxiliares de control libres de potencial:

- Alarma de Baja tensión de batería
- Alarma de Alta tensión de batería

Regleta de bornes en la parte inferior de fácil acceso con el número de bornes necesarias para poder trabajar el instalador con secciones de cables razonables.

3.3.9. Selección del inversor y banco de baterías

Inversor

Para seleccionar el inversor se adecuará según la potencia total requerida y la suministrada por el panel fotovoltaico.

Inversor/Cargador RICH ELECTRIC 24V/6000W Modelo Invertek – Prisolar

Descripción:

Inversor/Cargador de onda sinusoidal pura a 24V de entrada DC y 6000W de potencia AC 230V de salida, con manejo y control inteligente de la red, y generador

de corriente ininterrumpida de CA. Ideal para viviendas aisladas sin suministro eléctrico.

- Funciona como inversor de onda sinusoidal.
- También como Cargador de baterías de PFC (Corrección de factor de potencia) para tipo de baterías.
- Función bypass automática.
- Sistema de alimentación ininterrumpida de CA (función UPS o SAI).
- Potencia de salida continua (<70°C)
- Power control (Control o vigilancia de la red o generador eléctrico), para los casos en los que la fuente (generador o red) está limitada en su potencia, se puede regular la entrada de corriente del inversor para no sobre capacitar a la fuente.
- Power Support (Apoyo a la red o generador) para aumentar la capacidad de la red o el generador para absorber los picos de consumo que se producen cuando arranca una carga cuyo consumo es mayor a la capacidad de la red o el generador.
- Cargador autoadaptable de 4 etapas o fases y carga de dos baterías.
- Pantalla de cristal líquido LCD para la configuración de los parámetros y mensajes de error.
- Relé auxiliar programable (x3).
- Límite de corriente de entrada programable para la distribución de potencia (CA).
- Fácil configuración de parámetros para vigilancia y distribución de potencia.
- Montaje en pared o superficie horizontal.

- Panel remoto opcional con pantalla LCD para facilitar la operación a distancia.

Características Técnicas

MODELO	1.500W	3.000W	6.000W
Sistema a 12 voltios	C3-1500-12X	C3-1500-12X	
Sistema a 24 voltios	C3-1500-24X	C3-1500-24X	C3-1500-24X
Sistema a 48 voltios	C3-1500-48X	C3-1500-48X	C3-1500-48X
INVERSOR			
Potencia de salida continua (W) Hasta 70°C	1.500 W Sin variación	3.000 W Sin variación	6.000 W Sin variación
Máxima potencia Pico	3.000W	6.000W	12.000W
Máxima eficiencia	82/84/85	84/86/89	89/90
Consumo en vacío	12W	18W	20W
CARGADOR			
Corriente de carga a la batería (A)	100A / 40A / 20A	140A / 70A / 40A	140A / 70A
Conmutador de entrada de AC			
AC IN disparo a	15A	30A	50A
Envolvente			
Dimensiones	298mm x 256mm x 368mm	355mm x 256mm x 368mm	500mm x 290mm X 400mm
Peso	30 Kgr	35Kgr	42Kgr

FIGURA 25



Inversor RICH ELECTRIC 24V/6000W

Banco de baterías

Dimensionamiento de banco de baterías

$$C_n = Q_d \times A / PD_{max}$$

Donde:

C_n: Capacidad nominal de la batería (Ah)

Q_d: Consumo medio diario (Ah/día)

A: periodo de autonomía (días)

PD_{max}: profundidad de descarga máxima (en tanto por uno).

$$C_n = 16.4 \times 5 / 0,7$$

$$C_n = 117,142 \text{ Ah}$$

Amperios-hora = W/Voltios

Amperios-hora (Ah) = 2010 watt-hora/24V

$$\text{Amperios-hora (Ah)} = 864,16 \text{ Ah}$$

Cantidad de baterías = 1684,16 Ah / 117,142 Ah

Cantidad de baterías = 14,37

$$\text{Cantidad de baterías} = 7 \text{ baterías}$$

Vamos a utilizar una batería de 155 Ah y 24 V, porque no hay el rango de batería que necesitamos entre 117 a 120 Ah.

Batería 24 V – 155Ah Formula Star – Auto Solar

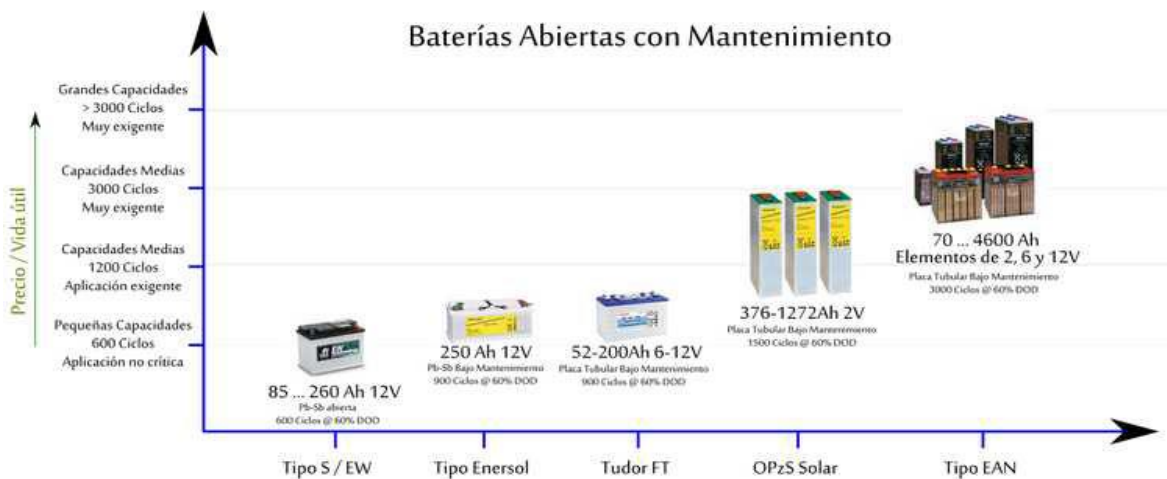
Las baterías de 24V están compuestas por dos baterías de 12V interconectadas entre sí para crear los 24V.

La Batería 24V 155Ah Formula Star es el tipo de batería más adecuado para los sistemas fotovoltaicos puesto que dan una vida muy duradera y ofrecen un gran rendimiento cuando se trata de cargas descargas lentas. La Batería 24V 155Ah Formula Star es cómoda de transportar si se trata de Batería 24V 155Ah Formula Star de pequeña potencia, vienen compactadas en un sólo bloque por lo que permite ser transportada con facilidad.

En auto solares puedes comprar la Batería 24V 155Ah Formula Star al mejor precio; la Batería 24V 155Ah Formula Star más barata de calidad online.

La Batería 24V 155Ah Formula Star está destinada a ser usada para el suministro de energía en instalaciones de telecomunicaciones, ordenadores, luces de emergencia, alarmas, sistemas de control y vigilancia en plantas de energía y estaciones de distribución, en estaciones de ferrocarril, aeropuertos, instalaciones fotovoltaicas.

La Batería 24V 155Ah Formula Star es necesaria para almacenar la energía; La Batería 24V 155Ah Formula Star es la encargada de almacenar la luz captada por los paneles solares para más tarde suministrarla en forma de luz.



Para qué sirve la Batería 24V 155Ah Formula Star 24V 120Ah

La Batería 24V 155Ah Formula Star permite almacenar la energía de los paneles solares.

La Batería 24V 155Ah Formula Star almacena corriente continua la Batería 24V 155Ah Formula Star es una fuente indispensable de reserva en caso de estar alimentando equipos conectados 24 horas, las instalaciones conectadas a red no requieren de la Batería 24V 155Ah Formula Star.

Días de autonomía de la Batería 24V 155Ah Formula

Star monoblock

La autonomía en una Batería 24V 155Ah Formula Star es el número de días que es capaz de suministrar energía sin cargarla de nuevo. La autonomía de una Batería 24V 155Ah Formula Star dependerá siempre de la cantidad de energía que suministre.

Capacidad de la Batería 24V 155Ah Formula Star

La capacidad de una Batería 24V 155Ah Formula Star se mide en Amperios por hora. La capacidad de una Batería 24V 155Ah Formula Star es la cantidad de energía que ésta es capaz de almacenar. Para tener una Batería 24V 155Ah Formula Star que satisfaga nuestras necesidades será necesario saber los días de autonomía que necesitamos para ella. La capacidad de la Batería 24V 155Ah Formula Star siempre va indicado en el exterior de la batería.

Ciclos de una Batería 24V 155Ah Formula Star

Un ciclo de una Batería 24V 155Ah Formula Star es una secuencia de carga y descarga de la Batería 24V 155Ah Formula Star; es habitual que en las características técnicas de la Batería 24V 155Ah Formula Star aparezcan los ciclos que dicha Batería 24V 155Ah Formula Star es capaz de hacer.

Tasa de descarga de una Batería 24V 155Ah Formula Star

Este concepto hace referencia al periodo en que la Batería 24V 155Ah Formula Star es capaz de descargarse, por ejemplo, para una Batería 24V 155Ah Formula Star valorada en C/20, la descarga se produjo pasadas las 20 horas. Una Batería 24V 155Ah Formula Star de 220 Ah/20, se descargará durante 20 horas a 11 Amperios constantes.

La vida de una Batería 24V 155Ah Formula Star, va directamente relacionada con la profundidad de la descarga, a medida que una Batería 24V 155Ah Formula Star soporta mayor profundidad de descarga se incrementa el precio de la misma.

FIGURA 26



Batería 24 V – 155Ah Formula Star

Determinación de los conductores eléctricos de interconexión

Para la selección adecuada del calibre de los conductores eléctricos, primero se deberá de tener en cuenta la clase de corriente eléctrica que fluirá entre los componentes de la minicentral fotovoltaica, a saber:

- Corriente alterna: entre el inversor y la carga instalada

Para cálculos eléctricos de corriente alterna se emplearán las siguientes ecuaciones:

$$I_{ca} = Pot/V \cos\Phi \text{ (cálculo de corriente eléctrica)}$$

$$\Delta V (\%) = 200 IL \cos\Phi / 56SV \text{ (cálculo de caída de tensión)}$$

Donde:

I_{ca} = Corriente eléctrica alterna

Pot. = Potencia Instalada = 17670 W = 17,67 kW

V = voltaje = 220V

L = longitud del conductor

$\cos\Phi$ = factor de potencia = 0.9

$\Delta V (\%)$ = máxima caída de tensión en % (3% entre el inversor y la carga)

S = sección transversal del conductor seleccionado = 10 mm²

Para nuestro caso, tenemos:

$$I_{ca} = 17670 / 0,9 \times 220 = 89.24 \text{ A}$$

$$\Delta V (\%) = 200 \times 89.24 \times 10 \times 0,9 / 56 \times 10 \times 220 = 1.3 \%$$

Se ha considerado una longitud de 10m entre el inversor y el tablero de distribución de la carga instalada.

Por tanto, se selecciona un conductor **FREETOX NHX-90 (LSOHX-90)** que tiene $I_{m\acute{a}x.} = 88 \text{ A}$ y 1.1 mm² de sección.

Para cálculos eléctricos de corriente continua se emplearán las siguientes ecuaciones:

$$I_{cc} = Pot/V \text{ (cálculo de corriente eléctrica)}$$

$$\Delta V (\%) = 200 IL / 56SV \text{ (cálculo de caída de tensión)}$$

La corriente continua I_{cc} es la misma cuando en los tramos Paneles fotovoltaicos - Regulador – Batería – Inversor y el valor para nuestro caso es:

$$I_{cc} = Pot/V = 17670 / 24 = 736 \text{ A}$$

Las correspondientes caídas de tensión entre sus componentes son:

1.- Paneles fotovoltaicos – Regulador de carga ($\Delta V_{\text{máx}} = 3\%$)

Para $L=8\text{m}$, se tiene:

$$S = 2 \times 736 \times 8 / 56 \times 3 = 70.095 \text{ mm}^2$$

$$\Delta V (\%) = 200 \times 736 \times 8 / 56 \times 70.095 \times 220 = 1.34 \%$$

2.- Regulador de carga – Batería ($\Delta V_{\text{máx}} = 2\%$)

Para $L= 5\text{m}$, se tiene:

$$S = 2 \times 736 \times 5 / 56 \times 2 = 65.714 \text{ mm}^2$$

$$\Delta V (\%) = 200 \times 736 \times 5 / 56 \times 65.714 \times 220 = 0.909 \%$$

3.- Batería - Inversor ($\Delta V_{\text{máx}} = 2\%$)

Para $L= 4.5\text{m}$, se tiene:

$$S = 2 \times 736 \times 4.5 / 56 \times 2 = 59.142 \text{ mm}^2$$

$$\Delta V (\%) = 200 \times 736 \times 4.5 / 56 \times 59.142 \times 220 = 0.909 \%$$

Con criterio de uniformizar el calibre del conductor por donde circulará corriente continua, se selecciona un conductor 70 mm^2 , el mismo que soporta una $I_{\text{máx}}$.

De 164 A en aire.

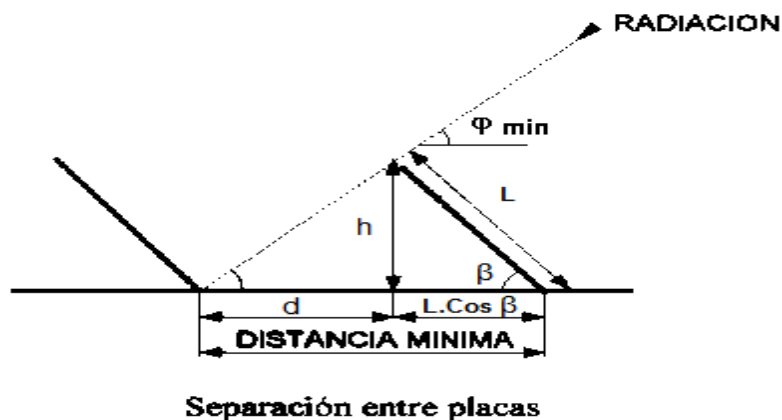
3.3.9. Cálculo y diseño de la Minicentral

Mediante el GPS, marcaremos puntos de ubicación, para medir nuestra minicentral y correspondientemente, ubicaremos nuestros componentes del sistema.

También calcularemos las distancias correspondientes, como:

1. Distancias entre los paneles.

FIGURA 27



DISTANCIAS MINIMAS ENTRE PANELES

Distancias mínimas entre filas de módulos.

La altura proyectada sobre la vertical de una fila se calcula a partir del ángulo de inclinación y la longitud del módulo.

$$h = L \cdot \text{sen} \cdot \beta$$

Dónde:

h: altura proyectada sobre la vertical de un módulo (m)

L: longitud del módulo (m)

β : inclinación del módulo ($^{\circ}$)

$$h = 1.958 \times \text{sen} (15^{\circ})$$

$$\mathbf{h = 0.50 \text{ m}}$$

La distancia mínima entre la parte superior de una fila y la parte inferior de la siguiente, como se muestra en la figura anterior.

$$d = h / \text{Tg} (61^{\circ} - \phi)$$

Dónde:

d: distancia mínima (m)

h: altura del obstáculo proyectada sobre la vertical (m)

ϕ : latitud del lugar ($^{\circ}$)

$$d = 0.50 / \text{Tg} (61^{\circ} - 5^{\circ})$$

$$\mathbf{d = 0.33 \text{ m}}$$

La distancia mínima entre la parte inferior de las filas de módulos, que es un parámetro de instalación más práctico, se calcula con la expresión siguiente:

$$D_{\text{min}} = d + L \cdot \text{Cos} \beta$$

Dónde:

D: distancia mínima (m)

L: longitud del módulo (m)

β : inclinación de los módulos ($^{\circ}$)

$$D_{\text{min}} = 0.33 + 1.958 \cdot \text{Cos} (15^{\circ})$$

$$\mathbf{D_{\text{min}} = 2.22 \text{ m}}$$

Tenemos también.

$$c = L \cdot \cos \beta$$

$$c = 1.958 \cdot \cos (15^\circ)$$

$$c = 1.89 \text{ m}$$

2. Distancias entre los mismos componentes del sistema

Dentro del diseño de la minicentral con el programa AutoCAD, se mostrarán las distancias entre los componentes. En el Anexo N° 06, se ubicará.

3. Distancia entre las casas de los pobladores y la minicentral.

Dentro del diseño de la minicentral con el programa AutoCAD, se mostrará la distancia de los pobladores con la misma. En el Anexo N° 06, se ubicará.

3.3.10. Cálculo para la red secundaria

Las redes secundarias, conformadas por las redes de baja tensión monofásicos 440/220 y 220 V, presentan las siguientes características:

- Vano promedio: 60 m.
- Postes: Madera de 8m.
- Conductor: Auto portante de Aluminio, con portante desnudo de aleación de aluminio.
- Pastoral: F°G° de 0,50m de avance horizontal.
- Luminaria: Reflector de Aluminio, conductor cobre recosido tipo N2XY 2,5mm²
- Lámpara: Vapor de sodio de 50 W
- Retenida: Cable de acero SM de 10,0 mm², varilla de anclaje de 2,4 m x 16mm, bloque de anclaje de CA 0,4 x 0,4 x 0,2 m.
- Puesta a tierra: Tipo PAT-1 aproximadamente cada 150 m, con varilla cobre 2,5 m x 16 mm², conductor bajada cobre recocido de 16 mm², grapas c/10 cm, terreno con tierra negra, estiércol y carbón en donde se requiera según los planos del proyecto.
- Acometidas: Cable concéntrico 2 x 4 mm², contador de energía 220V 1 Φ .
- Para el dimensionamiento de las secciones de conductor y cálculo de caída de tensión para la red secundaria.

Tabla 12

FORMACIÓN	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR		RESISTENCIA DEL CONDUCTOR NEUTRO		REACTANCIA INDUCTIVA		FACTOR DE CAIDA DE TENSION		
	A 20°C	A 40°C	A 20°C	A 40°C	XL(30)	XL(10)	K(380-220 v)	K(440-220 v)	K(220 VAP)
3x35+16/25	0.868	0.93	1.38	1.479	0.094	0.123	1.503		3.272
3x25+16/25	1.2	1.93	1.38	1.479	0.1	0.116	2.078		3.272
3x16+16/25	1.91	2.05	1.38	1.479	0.11	0.11	3.308		3.272
3x35/25	0.868	0.93	1.38	1.479	0.091		1.503		3.272
3x25/25	1.2	1.29	1.38	1.479	0.095		2.078		3.272
3x16/25	1.91	2.05	1.38	1.479	0.103		3.308		3.272
2x35+16/25	0.868	0.93	1.38	1.479	0.086	0.114		3.78	3.272
2x25+16/25	1.2	1.29	1.38	1.479	0.093	0.109		3.776	3.272
2x16+16/25	1.91	2.05	1.38	1.479	0.096	0.096	3.308	3.765	3.272
2x16/25	1.91	2.05	1.38	1.479		0.096		3.765	3.272
1x16/25	1.91	2.05	1.38	1.479		0.094			3.272
3x50+16/25							1.4303		
3x75+16/25							0.9957		

Parámetros eléctricos para selección del conductor

Factor de Caída de Tensión

Para circuitos monofásicos: $K = 2 (r2 \cos \alpha + X2 \sin \alpha)$

$$K = 2 (0,930 \cos 0,000021 + 0,114 \sin 0,000021)$$

$$K = 1.86$$

Caída de Tensión:

$$\Delta V = K \times I \times L \times 10^{-3}$$

Dónde:

K = Factor de caída de tensión

I=Corriente Que Recorre el circuito en A

L= Longitud del tramo en m

$$\Delta V = 1.86 \times 162.56 \times 60 \times 10^3$$

$$\Delta V = 18.14 \% = 18 V$$

Aérea

Elementos Utilizados en la Red Aérea

Conductores

Los conductores utilizados en redes aéreas secundarias tendrán un esfuerzo mínimo de rotura de 35 kg/mm² en cobre semiduro.

La sección mínima permitida será de 10mm² para el cobre. (*)

(*) Párrafo reemplazado según artículo 7° de la R.M. N° 065-87- EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:

La sección mínima permitida será de 6 mm² para el cobre.

El conductor neutro tendrá como mínimo, la sección que a continuación se especifica.

En distribuciones monofásicas o de corriente continua:

A dos hilos: Igual a la sección del conductor de fase a polo

A tres hilos: para 10mm² de cobre, igual a la sección del conductor de fase o polo. Para secciones superiores, la mitad de la sección del conductor de fase o polo, con un mínimo de 10mm² para el cobre. (*)

(*) Cláusula reemplazada según artículo 7° de la R.M. N° 065-87- EM/DGE, publicada 16.04.1987, cuyo texto es el siguiente:

A tres hilos: hasta 10mm² de cobre, igual a la sección del conductor de fase o polo. Para secciones superiores, la mitad de la sección del conductor de fase o polo, con un mínimo de 10mm² para el cobre.

Postes

Naturaleza. Los postes serán metálicos, de concreto, de madera, de cualquier otro material de características mecánicas adecuadas y se dimensionarán de acuerdo con las hipótesis de cálculo.

Postes de madera

Características. Los postes de madera deberán tener el mínimo posible de altura (8% del diámetro como máximo) para utilizarlos sin preservación, o de lo contrario deberán ser tratados con sustancias aptas para preservarlos de la putrefacción, no deberán ser empotrados en bloques de concreto que determinen la acumulación de humedad alrededor de la base.

Aisladores

Los aisladores podrán ser de porcelana, vidrio u otro material de características mecánicas y eléctricas similares.

Deberán resistir la acción de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión.

El material utilizado para la fijación de los aisladores a sus soportes estará constituido por sustancias que no ataquen a ambos, ni por aquellas que se puedan deteriorar o que sufran variaciones de volumen que puedan afectar a los propios aisladores, o a la seguridad de su fijación.

Retenidas

Las retenidas estarán constituidas por varillas o cables metálicos, debidamente protegidos contra la corrosión. En lo referente a la carga de rotura mínima, ésta será de 1,400 kg.

Las retenidas se utilizarán en los casos en que los esfuerzos actuantes conduzcan a postes de costo muy elevado, o en aquellos que, por ampliación de las instalaciones, dé lugar a un aumento de esfuerzos sobre los postes.

Los anclajes de retenidas podrán hacerse al suelo o sobre edificios u otros elementos estructurales, previstos para absorber los esfuerzos que aquellos puedan transmitir. No podrán utilizarse los árboles para el anclaje de retenidas. Las retenidas instaladas en lugares de fácil acceso a las personas, llevarán un aislador de tracción situado a una distancia vertical de 0.30 m del conductor más próximo.

Redes Secundarias en 440-220 V

El valor equivalente de todas las puestas a tierra del conductor neutro, sin incluir las puestas a tierra de la subestación de distribución, ni del usuario, debe tener un valor máximo de 10 Ohm.

Accesorios

Se considerarán bajo esta denominación los elementos utilizados en retenida, anclajes y ferretería normalmente usada para fijación, además de los siguientes:

Porta líneas individuales o de grupo. Serán de una resistencia mecánica adecuada a las cargas involucradas, con dimensiones correspondientes al aislador soportado, y de hierro galvanizado.

Espiga para fijación del aislador tipo carrete. Será de hierro galvanizado, provista con un dispositivo de seguridad que asegure su instalación.

3.4 Realizar la evaluación técnica y económica para la implementación del sistema de generación solar fotovoltaico.

El monto total de la inversión es de S/. 340436.9 nuevos soles, de los cuales S/. 178536,00 nuevos soles son destinados para la construcción del Sistema Fotovoltaico y de S/. 161 900,00 para la formulación y ejecución del Sistema Convencional.

Con la finalidad de realizar un mejor detalle de la inversión, se elaboró un consolidado de la inversión y un respectivo análisis de los gastos realizados en cada uno de los sistemas. (Sistema Fotovoltaico y el Sistema Convencional) que se detallan en los cuadros adjuntos:

Tabla 13

Rubros	Monto Total (S/.)
A.- Minicentral Fotovoltaica	
Elementos de la minicentral y puesta a tierra	136673 .9
Obras Civiles	7 543
Ejecución de Obras	20 000
Seguridad y Salud	4 000
Gastos Generales	10 320
Sub Total	178536.9
B.- Sistema Convencional	
Intangibles	22 000
Red Secundaria	96 000
Gastos Generales y Utilidades	20 000
Otros Gastos	23 900
Sub Total	161 900
Total de Inversiones	340436.9

Inversión Total

A. Inversión del Sistema Fotovoltaico

Mostramos a continuación el total de las inversiones correspondientes al sistema fotovoltaico:

A.1. Elementos de la Minicentral y Puesta a Tierra

Tabla 14.

Ítem	Descripción	Unidad	P. Unit. (S/.)	P. Total (S/.)
1	Modulo Fotovoltaico 275 W	15	900	13 500
2	Cuadro para protecciones contra sobretensiones en el lado de corriente continua	8	829	6 632
3	Inversor RICH ELECTRIC 24V/6000W	1	15000	15 000
4	Cuadros para mando y protección en el lado de corriente alterna	1	3720	3 720
5	Soporte STR05V - 1642 - 994 de inclinación regulable	9	1600	14 440
6	Regulador LEO3 24V/250A DB – Atersa	1	1023	1 023
7	Sistema de instalación de inversor	1	4974	4 974
8	Batería 24V - 195Ah Formula Star	7	1918,45	13429
9	Conductor FREETOX NHX-90 (LSOHX-90) de 10 mm ²	80	30	2 400
Total de Elementos de la Minicentral				75 118
Ítem	Descripción	Unidad	P. Unit. (S/.)	P. Total (S/.)
1	Varilla de cobre de 2 m	2	150,8	301,6
2	Metro lineal de cobre desnudo para toma de tierra de 35 mm ² de sección	50	56,5	2 825
Total de Elementos de la Minicentral				3 126,6
Total General				78 244,6

Elementos de la Minicentral y puesta a tierra

A.2. Obras Civiles

Los valores presentados a continuación corresponden a las obras físicas necesarias para la realización.

Tabla 15

Ítem	Obra Civil			
1	Desbroce y limpieza de terreno por medios de Mecánicos	820	3,65	2 993
2	Excavación manual de zanjas para canalización y Redes	30	35	1 050
3	Transporte de tierras procedentes de excavación a Vertedero	1	500	500
4	Cerca Prefabricada para Minicentral Fotovoltaica	1	3000	3 000
TOTAL				7 543
Obras civiles				

A.3. Inversiones en Ejecución e Instalación

Los valores presentados en el siguiente cuadro, corresponden a los gastos realizados en el montaje e instalación de los paneles solares en su respectiva ubicación en relación al sol.

Tabla 16

1	Costo de Montaje e Instalación (15.5 % del Suministro de Materiales)	1	20 000	20 000
TOTAL DE PROYECTO EJECUTIVO DE LA INSTALACION				20 000

Inversiones en ejecución e instalación

A.4. Seguridad y Salud

El presente gasto corresponde a los gastos realizados para trasladar todos los materiales para la instalación del sistema fotovoltaico.

Tabla 17

1	Costo de Transporte de Materiales (3,1% del Suministro de Materiales)	1	4 000	4 000
TOTAL DE PROYECTO EJECUTIVO DE LA INSTALACION				4 000

Inversiones en seguridad y salud

A.5. Gastos Generales

Estos gastos corresponden a todos aquellos gastos que no están previstos y que sin embargo son necesarios ante cualquier circunstancia y/o imponderables y representan el 8% del total de los gastos anteriores.

Tabla 18

GASTOS GENERALES (8%)	10 320
------------------------------	---------------

Gastos Generales

B. Sistema Convencional

B.1. Intangibles

Se realizaron tres estudios preliminares que representaron un gasto de 22,000.00 nuevos soles.

Tabla 19

INTANGIBLES	22 000
Estudio Definitivo	4 500
Gastos Mitigación Ambiental	7 000
CIRA	10 500

Intangibles

B.2. Red Secundaria

Son todos aquellos gastos realizados para la instalación de las líneas de cableado que van a ser instaladas en los hogares del Caserío Paredones y que ascienden a S/. 96,000 nuevos soles, distribuidos en la adquisición de los suministros transables y no transables, mano de obra calificada y no calificada para el montaje del cableado interno.

Tabla 20

RED SECUNDARIA	96 000
Suministro de Origen Transable	20 000
Suministro de Origen No Transable	40 000
Montaje (Mano de Obra Calificada)	18 000
Montaje (Mano de Obra No Calificada)	14 500
Transporte de Equipos y Materiales	3 500

Inversiones en la red secundaria

B.3. Gastos Generales

Son todos aquellos gastos no considerados en el presupuesto analítico y representan el 20 % de los costos directos del programa convencional.

Tabla 21

SUB TOTAL DE COSTO DIRECTO	20 000
Gastos Generales (20% CD)	20 000

Gastos Generales

B.4. Otros Gastos

Se han considerado estos gastos para la elaboración del expediente técnico, para el sueldo del ingeniero Supervisor de la obra y para el pago de la servidumbre, si lo hubiera.

Tabla 22

OTROS GASTOS	23 900
Expediente Técnico	10 500
Supervisión de Obra	11 400
Pago por Servidumbre	2 000

Inversiones en otros gastos

3.5 Evaluar económicamente la implementación del proyecto

A continuación, apreciamos los ingresos producto del pago que hacen los abonados por uso de la energía eléctrica.

Tabla 23

RUBRO /AÑO	2016
Consumo total de Energía (kW-h)	338 304,7
Costo mensual promedio tarifario para la población (S/.)	5
Número de abonados totales por caserío	23
Costo anual promedio para la población (S/.)	2 900
INGRESOS TOTALES (S/.)	2 900

Ingresos totales en el año base (2016)

	0	1	2	5	10	15	20
INVERSION	-152345						
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					-900		
PAGO POR EL SERVICIO		2900	2900	2900	2900	2900	2900
TOTAL	-152345	2900	2900	2900	2000	2900	2900

VAN	-130973.39
TIR	-8%

IV. DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema de Electrificación solar fotovoltaica aislado para suministrar con energía eléctrica al caserío Paredones del Distrito de Chongoyape departamento de Lambayeque.

Para ello se determinó los niveles promedio de radiación solar que se registran en la zona, se realizó un estudio de la Máxima Demanda y se seleccionó los equipos que conforman el sistema de generación solar fotovoltaica aislada, para finalmente estimar el presupuesto necesario para la construcción del proyecto y su posterior evaluación económica para determinar su viabilidad.

1. La Radiación solar existente en el caserío Paredones, es la suficiente para generar la energía eléctrica que requiere dicho caserío, concordando con la Tesis: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE SISTEMAS HÍBRIDOS EÓLICO-SOLAR EN EL DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, en la cual el autor concluye que la radiación mínima para generar energía eléctrica es de 4 kW-h/m².
2. Los equipos que se utilizó para la implementación del Sistema de Generación Fotovoltaica son comerciales, y de fácil adquisición y existencia en el Mercado, lo cual hace que su mantenimiento sea más económico, En cuanto a la población beneficiada esta es de un número reducido, lo que concuerda que en nuestro país, este tipo de tecnologías son utilizadas para localidades que se encuentran alejadas de las redes eléctricas convencionales, tal como lo establece el Ministerio de Energía y Minas.

Así mismo, es conveniente resaltar que económicamente este tipo de proyectos no es viable, pues la TIR esta por de bajo de la tasa de inteés bancarias, por lo tanto su ejecución no obedece a temas de rentabilidad económica sino al rol subsidiario que el Ministerio de Energía y Minas como Estado debe concluir.

V. CONCLUSIONES

- La Radiación Solar de acuerdo a las mediciones realizadas con el piranómetro del caserío Paredones del Distrito de Chongoyape, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque es de 5,0. kW-h/m².
- Se evaluó la máxima demanda actual y futura de la población del caserío Paredones del Distrito de Chongoyape, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, obteniendo una Máxima Demanda actual para el año 2016 de 8,8 kW y una proyección a 20 años de 16 kW al año 2034.
- De acuerdo al estudio realizado de la máxima demanda actual y futura se diseñó de la Electrificación Rural fotovoltaica una capacidad de 18 kWp, para abastecer de energía eléctrica a 23 viviendas del caserío Paredones, dicha electrificación contará con 15 paneles se conectaran en paralelo, cada panel tendrá una potencia de 275 Wp, y contará también con un inversor de 8 kWp, el cual convertirá la corriente continua proporcionada por el arreglo de paneles en alterna, para su posterior aprovechamiento.
- Se elaboró un plan de mantenimiento preventivo al sistema fotovoltaico, el cual logrará optimizar la vida útil de la mini central.
- Las labores de mantenimiento correctivo serán delegadas en una empresa externa, especialista en el sector, encargada de realizar todas las reparaciones pertinentes, así como suministrar los repuestos necesarios. Dicha empresa habrá de estar homologada y autorizada por los distintos fabricantes de los equipos suministrados, en caso contrario puede dar lugar a la anulación de la garantía legal de dichos equipos, por negligencias en las labores de mantenimiento.
- Como resultado de la evaluación económica desarrollada, se determinó que el proyecto a ejecutarse no es viable económicamente, pues su Valor Actual Neto sale negativo y la Tas Interés Retorno -8%.

VI. RECOMENDACIONES

- El Estado Peruano debe invertir más en la investigación, desarrollo y construcción de tecnologías que promuevan el uso de energías renovables.
- Se debe trabajar a nivel de normatividad legal según las NTP y Especificaciones Técnicas Vigentes a fin de trabajar con todas las disposiciones y dispositivos legales que permitan brindar ciertos beneficios tributarios a este tipo de suministros para que sus precios no sean tan elevados.
- Se debe de realizar un estudio a nivel regional para determinar cuál es el potencial energético solar de las energías renovables en Lambayeque.
- Realizar capacitaciones y concientizaciones a las diferentes poblaciones de nuestra Región sobre las nuevas formas de generar Energía Eléctrica con el objetivo de reducir la contaminación ambiental que hoy en día es tema preocupante el cual debemos proponer soluciones para combatirla.
- Es muy importante ir trabajando y mejorando estos sistemas de generación de energía eléctrica ya que en un futuro no muy lejano van a ser el pilar de sostenimiento de la creciente demanda eléctrica a nivel mundial.

VII. REFERENCIAS

Bibliografía

CONSEJO Nacional de Electricidad. Programa de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM). Quito : s.n., 2012, 209pp.

Fernández Collado, Pilar Baptista Lucio. Metodología de la Investigación. Mexico Distrito Federal : Mc. Graw Hill, 2006. 302pp.

DESAFÍOS de la Electrificación Rural en Chile. **COBARRUBIAS , Francisco, IRRAZAVAL, Ignacio y GALAZ, Ramón.** Washington : s.n., 2005, 210pp.

EL CONTEXTO de la Energía Rural en Bolivia. **Fernández, Miguel.** La Paz : PetroPress, 2012, 189pp.

ENERGÍA RENOVABLES. **Dirección Regional de Energía y Minas San Martín.** Moyobamba : s.n., 2013, 201pp.

ESTRATEGIA ENERGÉTICA SOSTENIBEL: Iquitos 2030. **Villacorta, Alberto Ríos.** Lima : Universidad ESAN, 2012, 200pp.

HERNANDEZ, Fernández y Baptista. 2010, p.17. Metodología de la Investigación. México : Mc Graw Hill, 2010, p.17.

HERNANDEZ, FERNANDEZ Y BAUTISTA. Metodología de la Investigación. Mexico: MC Graw Hill : s.n., 2010, 198pp.

HUALPA, Felix. La Energía Fotovoltaica. 2008, 290pp.

HUALPA, Felix. La Energia Fotovoltaica. . 2008, p.27.

MARCELO, Nemecio. Situacion de la Energia Fotovoltaica en America Latina. Caracas. Venezuela: s/n : s.n., 2011, 200pp.

MARCELO, Nemesio. Situación de la Energía Fotovoltaica en América Latina. Caracas. Venezuela : s.n., 2011, 209pp.

MONTENEGRO, Joaquín. Las Energías Renovables en el Mundo. Medellin. Colombia : San Marcos, 2008, 180pp.

MONTENEGRO, Joachin. Las Energias Renovables en el Mundo. Medellin. Colombia: San Marcos : s.n., 2008, 177pp.

MORALES y CARRILLO. La Energía Fotovoltaica. Lima. Perú : s.n., 2009, 180pp.

MORALES y CARRILLO. La Energia Fotovoltaica. . Lima. Peru: s/n : s.n., 2009, 190pp.

PARDINAS, F. Metodología y Técnicas de investigación en ciencias sociales. Madrid- España : s.n., 2005, 190pp.

PROGRAMA DE ELECTRIFICACIÓN Rural Sostenible - II. **Banco de Desarrollo Sostenible.** Panamá : s.n., 2012, 208pp.**Hernández Sampieri, Carlos**

HERNANDEZ Sampieri, FERNANDEZ Collado, BAUTISTA Lucio. Metodología de la Investigación . Mexico Distrito Federal MC. GRAW HILL : s.n., 2006, 199pp.

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS - COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN – Uso Racional de la Energía y Eficiencia Energética (CTN-UREEE) - Normas Técnicas Peruanas (NTP) Aprobadas por INDECOPI

Norma Técnica Peruana NTP 399.403 2006: Sistemas Fotovoltaicos hasta 500 Wp. Especificaciones Técnicas y Método para la Calificación Energética.

ROQUE, Salazar. Electrificación con Energías Renovables. Madrid. España: s/n : s.n., 2008, 233pp.

SALAZAR, Roque. Electrificación con Energías Renovables. Madrid. España : s.n., 2008, 210pp.

SITUACIÓN Energética en el Perú. **Chirinos, Luis y Barrantes, Enrique. 2000, p.2.** Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2000, 201pp.

TACZA, Oscar. Paneles Fotovoltaicos. 2011, 170pp.

TAMAYO, Mario. El Proceso de la Investigación Científica. Balderas - México : Limusa, 2003, 160pp.

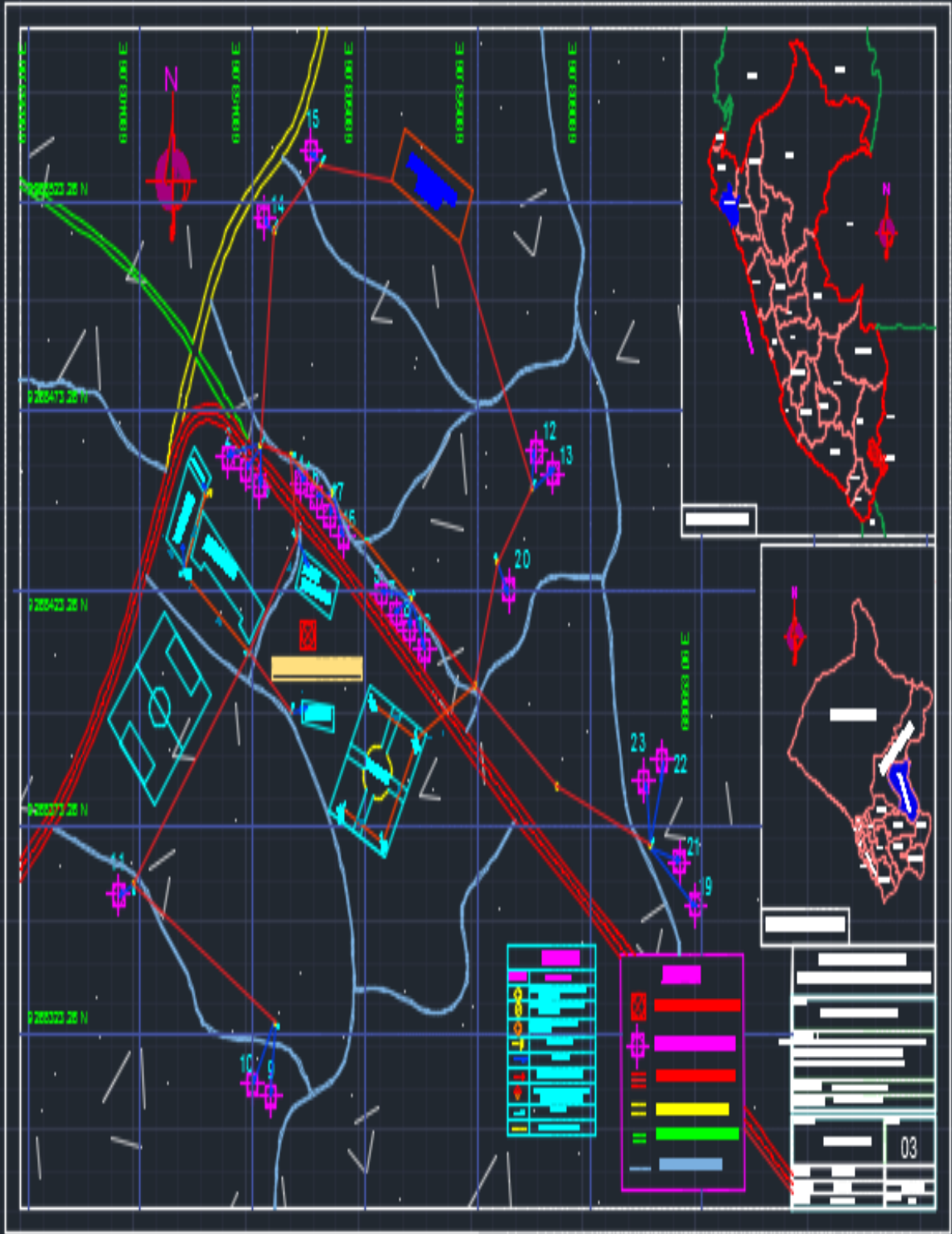
TAMAYO, Mario. El Proceso de la investigación Científica . Balderas: Limusa : s.n., 2003, 193pp.

REGLAMENTO TECNICO - Especificaciones Técnicas Y Procedimientos De Evaluación Del Sistema Fotovoltaico Y Sus Componentes Para Electrificación Rural. R.D. N° 003-2007-EM/DGE (2007.02.12)

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES – Norma Técnica E.M.0.80. Instalaciones con Energía Solar. Capítulo III: Instalaciones con Sistemas Fotovoltaicos.

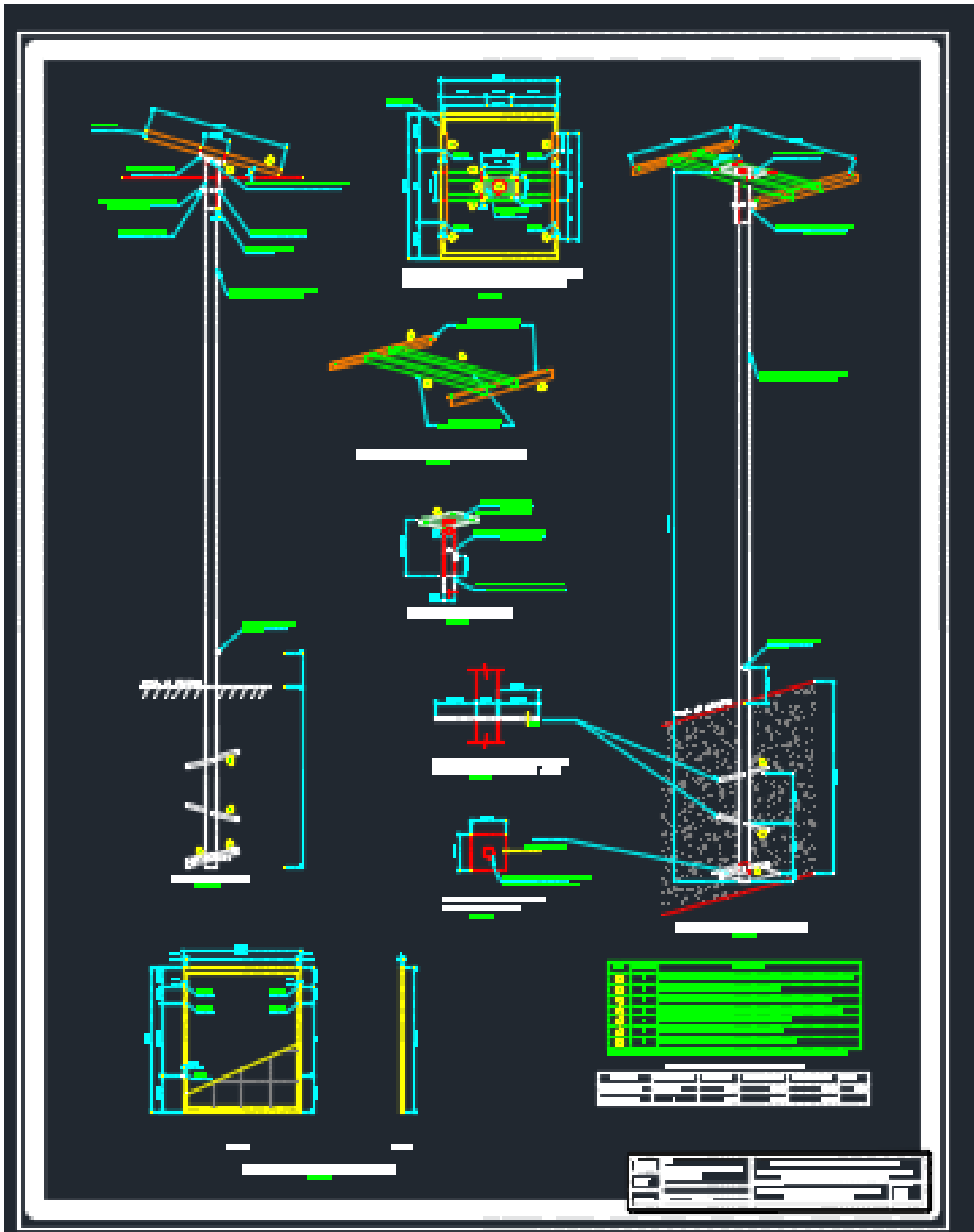
ANEXOS

<i>Anexo</i>	<i>Pág.</i>
ANEXO 1	77
Planos de Ubicación	
ANEXO 2	78
Soporte del Panel	
ANEXO 3	79
Manual de Radiómetro TM 206	
ANEXO 4	80
Manual de GPS Garmin 76 CSx	
ANEXO 5	81
Formato de Encuesta	
ANEXO 6	85
Formato de Observación	
ANEXO 7	87
Normas Técnicas Peruanas.	
ANEXO 8	88
Reglamento técnico especificaciones técnicas y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural.	
ANEXO 9	89
DECRETO SUPREMO N° 025-2007-EM	
Aprueban Reglamento de la Ley N° 28749, Ley General de Electrificación Rural.	
ANEXO 10	90
NORMA DGE	
Especificación Técnica Del Sistema Fovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural – Reglamento Técnico, Diario El Peruano.	



ANEXO 2

Soporte del Panel



ANEXO 3

Manual de Radiómetro TM 206



Table of Contents

1. Introduction	2
2. Getting Started	2
2.1 Parts List	2
2.2 Precautions	2
2.3 Installing the Battery	2
3. Display Layout	2
4. Initial Operation and Calibration	3
5. Functions	3
5.1 Power On / Off	3
5.2 Minimum and Maximum	3
5.3 Units of Measure	3
5.4 Data Hold	3
5.4 Auto Range	3
6. Battery Replacement	3
7. Glossary of Terms	4
8. Specifications	4
9. Troubleshooting Guide	4
10. Liability Disclaimer	4
11. Warranty Information	5



1. Introduction

Thank you for your purchase of the Ambient Weather SP-216 Solar Power Meter. The following user guide provides step by step instructions for operation and troubleshooting. To download the latest manual and additional troubleshooting tips, please visit:


<http://ambientweather.wikispaces.com/sp216>

2. Getting Started

2.1 Parts List

QTY	Item
1	SP-216 Unit Dimensions: 5(L) x 2(W) x 1.5(H) in
1	9V battery
1	Carry Case

2.2 Precautions

 **Caution:** This unit is water resistant but not water proof. Do not submerge in water. Avoid using in the rain.

 **Caution:** Do not use a rechargeable 9V battery.

2.3 Installing the Battery

Remove the back cover by sliding down with your thumb. Insert the battery and replace the cover.

3. Display Layout

The display layout is shown in Figure 1. The button layout is shown in

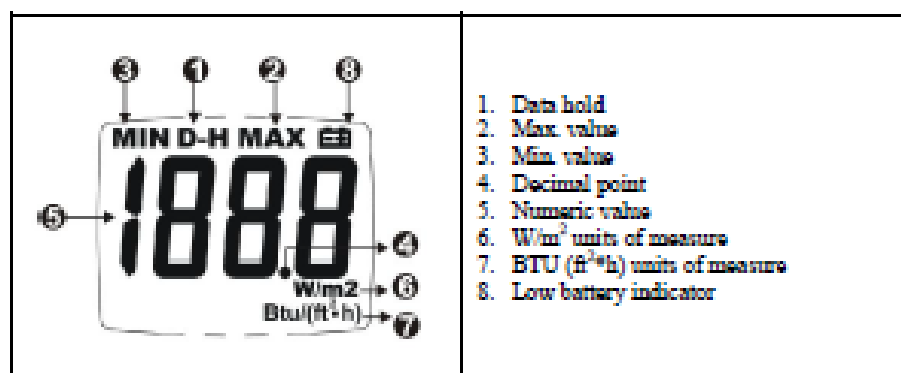


Figure 1

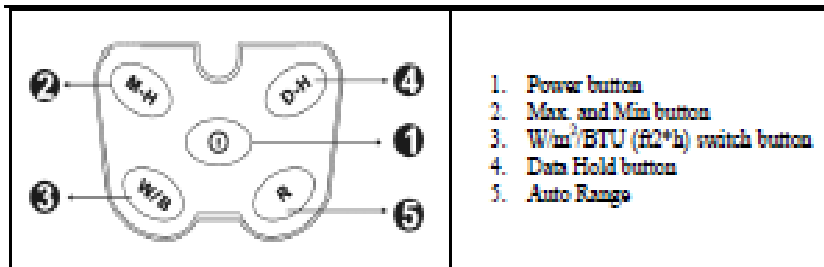


Figure 2

4. Initial Operation and Calibration

Power the unit on by pressing the ON / OFF button (1). Remove the protective film from the solar sensor on the top of the unit. Cover the sensor with a black cloth (the side of the carry case will suffice). If the display does not read 0.0, rotate the "0 Adjust" calibration set point on the side of the unit with a small tool. Please note that there is no negative sign, so you may have to adjust either clockwise (positive) or counterclockwise (negative) to adjust to 0.0.

5. Functions

5.1 Power On / Off

To power on the unit, press the ON / OFF button (1). To power off the unit, press the ON / OFF button again.

5.2 Minimum and Maximum

1. Press the Minimum / Maximum button (M-H) and the maximum value will be displayed with the MAX icon.
2. Press the Minimum / Maximum button (M-H) again and the minimum value will be displayed with the MIN icon.
3. To reset the minimum and maximum values and exit the minimum and maximum mode, press and hold the Minimum / Maximum button (M-H) for at least one second.

5.3 Units of Measure

To toggle the units of measure between W/m² and BTU, press the W/B button (W/B).

5.4 Data Hold

To hold the current measured value on the display, press the Data-Hold button (D-H) and the D-H icon will be displayed. To cancel the data hold feature, press the Data-Hold button again (D-H).

5.4 Auto Range

If the display is out of range, OL (overload) will be displayed. To change the range by a factor of 10, press the Range button (R). You can also improve the resolution by pressing the Range button (R).

6. Battery Replacement

The display will indicate low battery  when it is time to replace the battery.

7. Glossary of Terms

Term	Definition
Range	Range is defined as the amount or extent a value can be measured.
Solar Radiation	Solar radiation is radiant energy emitted by the sun from a nuclear fusion reaction that creates electromagnetic energy. The spectrum of solar radiation is close to that of a black body with a temperature of about 5800 K. About half of the radiation is in the visible short-wave part of the electromagnetic spectrum. The other half is mostly in the near-infrared part, with some in the ultraviolet part of the spectrum. The units of measure are Watts per square meter or BTU.

8. Specifications

Specifications:

- Battery life: approx. 100 hr
- Battery type: 9V
- Accuracy: $\pm 10W/m^2$ [± 3 BTU / (ft²*h)] or $\pm 5\%$, whichever is greater in sunlight; Additional temperature induced error: $\pm 0.38W/m^2 / degC$ [± 0.12 BTU / (ft²*h) / degC] from 25 degC
- Operating temperature: 5 degC to 40degC
- Storage temperature: -10 degC to 60 degC

Display:

- Large 3.5" digits LCD display
- Sampling Time: Approx. 0.25 seconds
- Resolution: 0.1W/m², 0.1 BTU / (ft²*h)
- Range: 1999W/m², 634 BTU / (ft² * h)
- Dimensions & weight: 3(L) x 2(W) x 1.5(H) in., approx. 0.3 pounds
- EMC: this instrument is EMC-compliant and has undergone compatibility tests according to EN61326 (1997) +A1 (1998) +A2 (2001)

9. Troubleshooting Guide

If your question is not answered here, you can contact us as follows:

1. Email Support: support@ambientweather.com
2. Live Chat Support: www.ambientweather.com/chat.html (M-F 8am to 4pm Arizona Time)
3. Technical Support: 480-283-1644 (M-F 8am to 4pm Arizona Time)

Problem	Solution
The display is reading OL (overload)	Press the Range Button (R) to extend the range by a factor of 10.
The display does not read 0.0 with the sensor covered by a black medium.	Calibrate the unit to 0.0.

10. Liability Disclaimer

Please help in the preservation of the environment and return used batteries to an authorized depot. The electrical and electronic wastes contain hazardous substances. Disposal of electronic waste in wild country and/or in unauthorized grounds strongly damages the environment.



Reading the "User manual" is highly recommended. The manufacturer and supplier cannot accept any responsibility for any incorrect readings and any consequences that occur should an inaccurate reading take place.

This product is designed for personal use as indication of weather conditions. This product is not to be used for medical purposes or for public information.

The specifications of this product may change without prior notice.

This product is not a toy. Keep out of the reach of children.

No part of this manual may be reproduced without written authorization of the manufacturer.

Ambient, LLC WILL NOT ASSUME LIABILITY FOR INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE, OR OTHER SIMILAR DAMAGES ASSOCIATED WITH THE OPERATION OR MALFUNCTION OF THIS PRODUCT.

11. Warranty Information

Ambient, LLC provides a 1-year limited warranty on this product against manufacturing defects in materials and workmanship.

This limited warranty begins on the original date of purchase, is valid only on products purchased and only to the original purchaser of this product. To receive warranty service, the purchaser must contact Ambient, LLC for problem determination and service procedures.

Warranty service can only be performed by Ambient, LLC. The original dated bill of sale must be presented upon request as proof of purchase to Ambient, LLC.

Your Ambient, LLC warranty covers all defects in material and workmanship with the following specified exceptions: (1) damage caused by accident, unreasonable use or neglect (lack of reasonable and necessary maintenance); (2) damage resulting from failure to follow instructions contained in your owner's manual; (3) damage resulting from the performance of repairs or alterations by someone other than an authorized Ambient, LLC authorized service center; (4) units used for other than home use (5) applications and uses that this product was not intended (6) extreme acts of nature, such as lightning strikes or floods.

This warranty covers only actual defects within the product itself, and does not cover the cost of installation or removal from a fixed installation, normal set-up or adjustments, claims based on misrepresentation by the seller or performance variations resulting from installation-related circumstances.



ANEXO 4

Manual de GPS Garmin 76 CSx

GETTING STARTED

Unit Overview



Getting Started

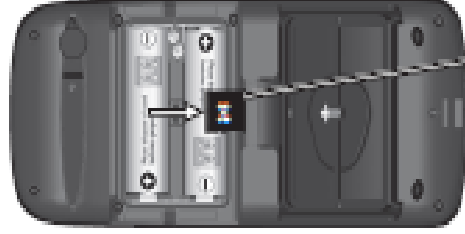
Batteries, microSD Card, and Lanyard

The GPSMAP 76CSx operates on two AA batteries (not included), which are located in the back of the unit. You can use Alkaline, NiMH, or Lithium batteries. See [page 40](#) for information on setting the battery type.

To install the batteries:

1. Remove the battery cover by turning the D-ring 1/4 turn counter-clockwise and pulling the cover loose.
2. Insert the batteries, observing the proper polarity.
3. Reinstall the battery cover.

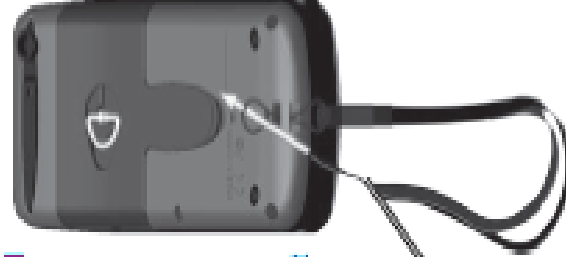
Remove the batteries from your unit when you do not expect to use the unit for several months. Stored data is not lost when batteries are removed.



microSD card slot
(with microSD card in
position for insertion)

To install the microSD card:

1. Remove the battery cover by turning the D-ring 1/4 turn counter-clockwise and pulling the cover loose.
2. Locate the microSD card in the slot below the batteries and press down on the top edge of the card until you feel it click. Then gently allow the card to release.
3. Press down again to install the card, making certain the card is fully in place to prevent damage when reinstalling the battery cover.



Install the carry lanyard
in the slot at the bottom
of the unit

To install the lanyard:

1. Place the loop of the lanyard through the slot at the base of the unit.
2. Route the strap through the loop, and pull tight.

Using the GPSMAP 76CSx Keypad

IN/OUT Zoom Keys

Press to zoom in or out on the Map page.

Press to scroll up or down a list on any other page.

FIND/MOB Key

Press at any time to view the Find Menu.

Press and hold for MOB.

POWER Key

Press and hold to turn the unit on or off.

Press and Release to adjust the backlighting.

QUIT Key

Press to cancel data entry or exit a page.

ROCKER Key

Press up, down, left, or right to highlight options and to enter data, or move the map panning arrow.

PAGE Key

Press to cycle through the main pages.

Press and hold to turn the compass on or off

MENU Key

Press to view page options.

Press twice to view the Main Menu.

ENTER/MARK Key

Press and release to enter highlighted options, data or confirm on-screen messages.

Press and hold at any time to mark your current location as a waypoint.



Turning on the GPSMAP 76CSx

To turn the GPSMAP 76CSx on and off:

Press and hold the **POWER**.

Adjusting the Backlight

To adjust the backlight level:

1. Press and quickly release the **POWER** key.
2. Press up on the **ROCKER** to increase the brightness, or press down to decrease.
3. Press **ENTER** or **QUIT** to close.

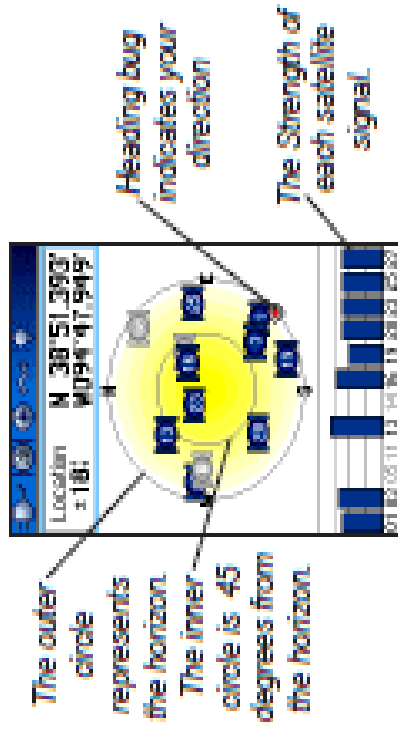
See [page 40](#) for information on changing the screen colors and backlight time out and brightness levels.

Initializing the GPS Receiver

The first time you turn on your unit, the GPS receiver must collect satellite data and establish its current location. To receive satellite signals, you should be outdoors and have a clear view of the sky.

To initialize your GPSMAP 76CSx:

Hold the unit in front of you facing the sky and observe the Satellite page. While the GPS receiver is searching for the satellite signals, a "Locating Satellites" message is replaced by an "Acquiring Satellites" message until a location fix is made.

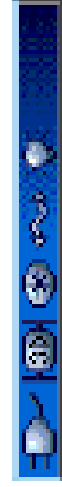


Initialization Options

If the unit cannot get a satellite fix, an options menu with a list of solutions appears. Highlight the appropriate solution and press **ENTER**.

Using the Status Bar


At the top of each page, the status bar provides status information for several unit features.



Status Bar

The Battery Power icon () shows the remaining battery power. The Auxiliary Power icon () or Cable Connection icon () appears when the unit is plugged in to an external or USB power source.

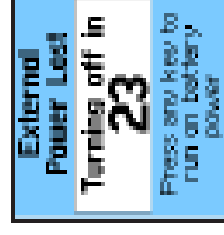
Satellite signal status is shown when searching for or acquiring satellites () , when a 2D fix () is attained and when a 3D fix () is attained.

The Backlight icon () appears when the backlight is on. The Backlight is off when you turn the unit on. The Backlight uses a significant amount of battery power.

Electronic compass icon () appears when the electronic compass is turned on.

On-Screen Messages

When a significant event in the operation of the unit occurs, an on-screen message appears to advise you of the occurrence. In each case the condition is described and often a remedy provided. Press **ENTER** to acknowledge the message and close the window.



On-Screen Messages

GETTING STARTED

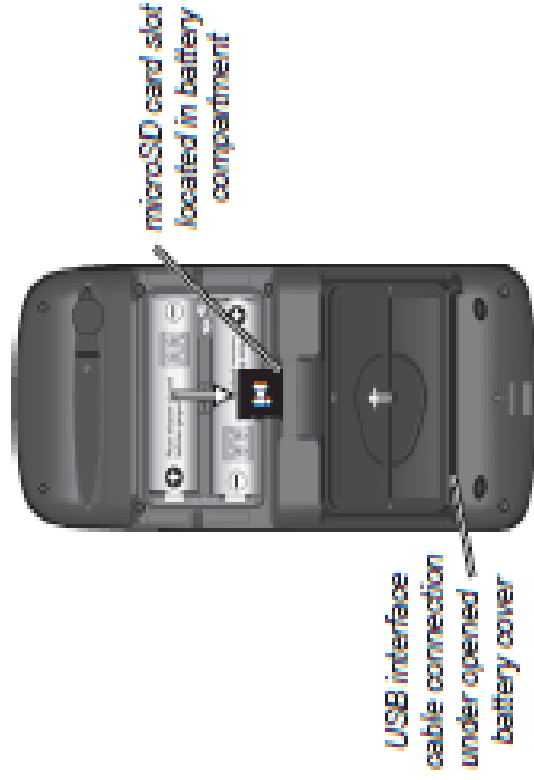
Using the Databases

Optional MapSource CD-ROMs enhance the versatility of your GPSMAP 76CSx. This data is loaded to the microSD Card already installed in the unit. With optional MapSource City Navigator data, you can view listings of nearby restaurants, lodging, shopping centers, attractions and entertainment, and even retrieve addresses and phone numbers for any listed location.

The included USB Interface Cable or an optional PC interface cable (with a serial connector) can be used to transfer MapSource CD-ROM data to the microSD card. Higher capacity and pre-loaded microSD map data cards are also available.

Map data transfer requires the USB Interface Cable provided with the unit to transfer MapSource data from a PC to the microSD card when installed in the GPSMAP 76CSx. Use the USB Mass Storage feature to transfer other files to the microSD as explained on [page 51](#).

See <http://www.garmin.com/cartography/> for compatible MapSource products.



BASIC OPERATION

This section explains some of the more common operations you can perform with your GPSMAP 76CSx including using the Find Menu, creating and using waypoints, tracks, and routes.

Creating and Using Waypoints

Waypoints are locations or landmarks you record and store in your GPS. You can add waypoints to routes and even create a Go To directly to the selected waypoint.

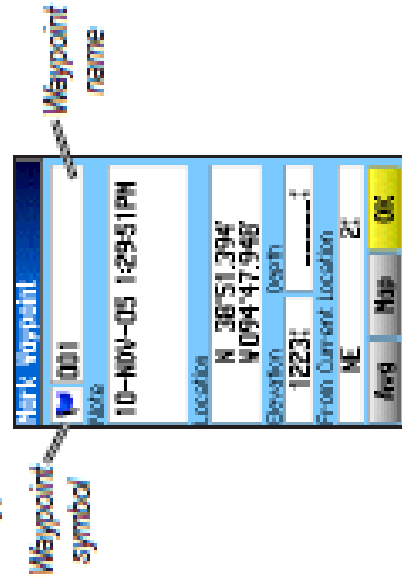
You can create waypoints using three methods. Press the **ENTER/MARK** key while at a location, create a waypoint on the Map page, or enter coordinates for a waypoint manually.

Marking Your Current Location

Use the **ENTER/MARK** key to quickly capture your current location creating a new waypoint. You must have a valid position (2D or 3D) fix to mark your current location.

To mark your current location:

1. Press and hold the **ENTER/MARK** key until the Mark Waypoint page appears. A default three-digit name and symbol are assigned to the new waypoint.



Mark Waypoint Page

2. To accept the waypoint with the default information, highlight **OK**.
OR
To change any information, select the appropriate field, and press **ENTER** to open the on-screen keypad. After entering and confirming your changes, select **OK**.

Creating Waypoints Using the Map

To create a waypoint using the Map page:

1. On the Map page, use the **ROCKER** to move the pointer to the map item you want to mark.
2. Press and quickly release **ENTER/MARK** to capture the pointer location and open the information page for the map item.
3. Select **Save**. If there is no information for that point, a "No map information at this point. Do you want to create a user waypoint here?" prompt appears. Select **Yes**.

Editing Waypoints

You can edit waypoints to change the symbol, name, note, location, elevation, and depth.

To edit a waypoint:

1. Press **FIND**.
2. Select **Waypoints**.
3. Select the waypoint you want to edit, and press **ENTER**.
4. Make changes by highlighting each field and use the waypoint symbol chart, and alphanumeric keypad to enter new data.

To delete a waypoint:

From the **Waypoints** page, select the waypoint you want to delete > **Delete**.



NOTE: When you delete a waypoint, you cannot recover it from the unit.

To move a waypoint on the Map page:

1. Press **FIND** > **Waypoints**.
2. Select the waypoint you want to move, and press **ENTER**.
3. Select **Map** to show the waypoint on the map.
4. Press **ENTER** again to place a **MOVE** marker next to the waypoint.
5. Use the **ROCKER** to move the waypoint to a new location, and press **ENTER**.

Averaging a Waypoint's Location

You can average a new waypoint location over time to produce a more accurate location.



NOTE: You must have a **GPS Satellite fix** before you can average a waypoint's location.

To calculate a location by averaging:

1. Find a location you want to calculate an average for, press **MARK** > **Avg** to begin averaging.
2. Press **Save**.

Projecting a Waypoint

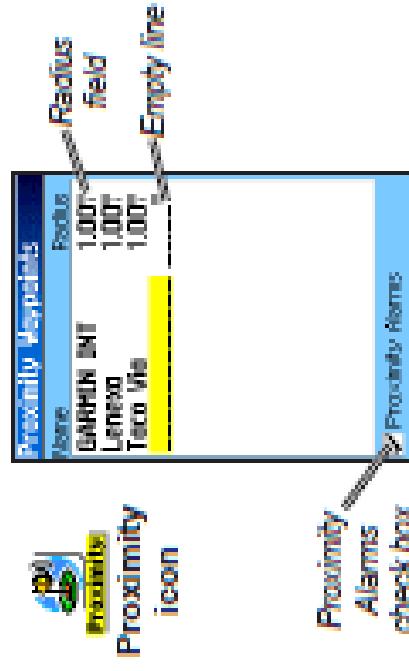
Create a new waypoint by projecting the distance and bearing from one location to a new location.

To project a waypoint:

1. Press **FIND** > **Waypoints**.
2. Select the waypoint you want to project. The Waypoint page opens.
4. Press **MENU** to open the Options menu.
5. Select **Project Waypoint**, and press **ENTER** to open the Project Waypoint page.
6. Enter the distance and bearing to the projected waypoint in the appropriate fields at the bottom of the page, and press **QUIT** when finished.

Proximity Waypoints

Use the Proximity Waypoints page to define an alarm circle around a waypoint.



To add a proximity waypoint

1. Press **MENU** twice > **Proximity**.
2. Select an empty line, and press **ENTER**.
3. Select a waypoint from the Waypoints List or from any other group of Find items to open the information page for the item.
4. Select **Use** to add the point to the list on the Proximity Waypoints page.
5. Using the **ROCKER** to select the **Radius** field and enter a value.

To clear one or all proximity waypoints from the list:

To remove or review a single entry, press **ENTER**. To remove all waypoints from the list, press **MENU > Remove All**.

To turn proximity alarms on or off:

1. Press **MENU** twice to open the Main Menu.
2. Highlight the **Proximity** icon and press **ENTER** to open the **Proximity Waypoints** page.
3. Highlight the **Proximity Alarm** **Tones** button to open the **Alarm Tones** page. Place a check in the **Proximity Alarms** box, and press **ENTER** to initiate the alarm feature. As you approach a proximity waypoint, a tone sounds and a "Near Proximity Point" message appears. When you move outside the set radius, a "Leaving Proximity Point" message is shown. Use this page to select tones for proximity alarms.

Man OverBoard (MOB)

Another method for creating a waypoint is the **Man Overboard (MOB)** feature. Use this application for marking a location on water where you cannot stop quickly and must return to a point where there are no landmarks for reference.

To create a waypoint using the MOB feature:

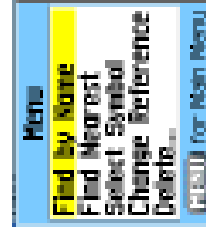
1. Press and hold **FIND/MOB** to mark the MOB waypoint.
2. Press **ENTER** to open the Map page showing the path from your current location to the MOB point. Use the **Compass** page for additional guidance to the MOB point.

Using the Find Menu

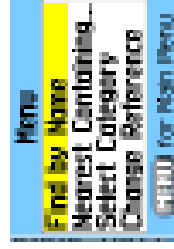
Use the Find Menu to search for waypoints, geocaches, cities, and exits included in the GPSMAP 76CSx basemap. Additional icons appear depending on the optional BlueChart or MapSource data loaded to the unit. Press **FIND** to open the Find Menu.



Find Menu with optional MapSource data



Waypoint Options Menu



Cities Options Menu

Find By Name

Use Find By Name if you know the name of the location you want to find.

To find a location using Find By Name:

1. Press **FIND** to open the Find Menu.
2. Select the icon for the type of item for which you want to search for, or search the entire database by selecting **All Points of Interest**.
3. Press **MENU > Find By Name**.
4. Use the **ROCKER** to operate the on-screen keypad and enter the name of the location you want to find. When the Find list contains a match, highlight **OK**.
5. Select the location item from the Find list, and press **ENTER**. The item's information page opens, allowing you to save the item as a waypoint, show the item on the map, or automatically create a route to the item (**Go To**).

When you access a Find list, it contains items near your current location or the pointer.

The options menu for each category contains a submenu of search options. Select a category.

Recent Finds

The Recent Finds page shows a list of the last 50 items you have searched for or gone to recently.

To go to a recently found item:

1. Press **FIND**.
2. Select Recent Finds.



Recent Finds

Recent Finds icon



List of recently found items

3. Use the **ROCKER** to select the item you want to go to, and press **ENTER**.
4. Select **Go To** to begin navigation.

Using the Find Information Page

When you select an item from the Find List and press **ENTER**, an information page shows detailed information about the item. Each information page contains three on-screen buttons. Different buttons appear depending on whether you are selecting an item to navigate to or adding an item.

Find Information Page Options

To use the Options Menu:

1. With an information page open for a Find item, press **MENU** to open the Options Menu.
2. Use the **ROCKER** to select an option:
 - **Average Location**—sample a new waypoint location over time and average the result for a more accurate location reference. See [page 9](#).
 - **Project Waypoint**—create a new waypoint by entering bearing and distance from a referenced location. See [page 9](#).
 - **Find Near Here**—return to the Find Menu to search for map items near the item.

- **Change Reference**—point to a new location on the Map page using the pointer.
 - **Set Proximity**—program an alarm to sound when you are within a specified radius of an item. See [page 9](#).
 - **Add To Route**—include this item on a new route or add it to an existing route. See “[Creating and Using Routes](#)” on [page 22](#).
 - **View Sun and Moon**—view [Sun and Moon](#) tables for this item location. See [page 48](#).
 - **View Hunt and Fish**—view [Hunt and Fish](#) tables for this item location. See [page 48](#).
 - **Map Information**—show the map from which the map item originated. See the [Appendix](#) for information about downloading detailed maps.
- To find an item near another item:**
1. Press **FIND**.
 2. Select an icon on the Find Menu.
 3. Select an item in the Find list.
- To find an item from another location on the map:**
1. Press **FIND**.
 2. Select an icon on the Find Menu.
 3. Press **MENU**, select **Change Reference**. The Map page appears.
 4. Use the **ROCKER** to pan the arrow (pointer) to the map location you want. The Find list shows a list of items near the new map location.
- To find an item near another item:**
1. Press **MENU**, select **Find Near Here**. The Find Menu opens again with each category containing items near the item selected.
 2. Select a category icon and press **ENTER** to open a Find list of items near the item.


Finding a Waypoint

The Waypoints page contains a list of all saved waypoints. Waypoints are stored in alphanumeric order and are identified by an assigned symbol.

To find a waypoint:

1. Press **FIND**.
2. Select Waypoints and choose a waypoint.



 Waypoints icon

Finding a Geocache

Select **Geocache** to view the list of geocache locations created by you or downloaded from your computer. A geocache location is a waypoint with a special geocache symbol to separate it from others. For more information about geocaching, log on to <http://my.garmin.com> and click "Go Geocaching."

To find a geocache:

1. Press **FIND**.
2. Highlight Geocache. You can view found geocaches or those that have not been found.
3. Use the **ROCKER** to highlight a geocache on the list.
4. Select **Go To** to navigate to the geocache location. When you navigate to a geocache, the Compass page changes to Geocache Navigation mode and any additional information about downloaded cache location is shown in the comment field.

When a geocache is found, the unit marks the cache as found, logs an entry into the calendar, and provides an option that shows the nearest cache.

ANEXO 5

Formato de Encuesta

FORMATO DE ENCUESTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

1 1.- INFORMACIÓN BÁSICA DE LA LOCALIDAD

A.-Encuestador _____ (a):

B.-Fecha de Entrevista: ____/____/____ Hora _____

C.-Departamento: _____ Provincia: _____ Distrito: _____

D.-Dirección: _____

E.-Persona Entrevistada (jefe del hogar): Padre (...) Madre (...)
otro _____

2 2.-CUESTIONARIO SOBRE LA VIVIENDA

A.- Tendencia de la vivienda

Propia () ¿cuánto vale su vivienda?.....

Alquilada () ¿Cuánto paga al mes? S/.....

Alquiler venta () ¿Cuánto paga al mes? S/.....

B.-Tiempo que viven en la casa.....
año(s).....meses.....

C.- Material predominante en la casa

Adobe (). Madera (). Material noble (). Quincha ()

Estera ().

Otros.....

Posee energía eléctrica si () no () ¿Cuánto paga al mes? S/.....

Red de agua si () no () ¿Cuánto paga al mes? S/.....

Red de desagüe si () no () ¿Cuánto paga al mes? S/.....

Pozo séptico/ letrina/ otros si () no ()

Teléfono si () no () ¿Cuánto paga al mes? S/.....

Apreciaciones del entrevistador:

A.-La vivienda pertenece al nivel económico Alto (). Medio (). Bajo ()

B.- la zona en que está ubicada la vivienda pertenece al nivel económico:

Alto (). Medio (). Bajo ()

3 3.- CUESTIONARIO SOBRE LA FAMILIA

A.- ¿Cuántas personas habitan en la vivienda?

B.- ¿Cuántas familias viven en la vivienda?

C.- ¿Cuántos miembros tiene su familia?.....

Parentesco	Edad	Sexo	Grado de instrucción	¿Sabe leer y escribir?	¿Trabaja?	A qué se dedica?

4 4.- CUESTIONARIO SOBRE EL SERVICIO ELÉCTRICO

A.- Has oído hablar de los paneles solares. Si (). No ()

B.- ¿Cree Ud. que puede aportar a la no contaminación de nuestro planeta usando energías renovables?

Si (). No ()

C.- ¿Crees que puedes hacer algo por el cambio climático?

Si (). No ()

D.- ¿Te interesaría invertir en paneles solares?

Si (). No ()

E.- ¿Crees que los paneles solares es una buena alternativa para el servicio eléctrico?

Si (). No ()

F.- ¿Crees que la energía fotovoltaica te ayudará económicamente en tus gastos de tu hogar?

Si (). No ()

G.- ¿Cambiará tu forma de vida al contar con el servicio eléctrico?

Si (). No ()

H.- ¿Con el uso de los paneles solares puedes ser independiente de la energía convencional? Si considera que luego de 5 años se recupera la inversión, ¿te interesaría implementar esta tecnología?

Si (). No ()

ANEXO 6

Formato de Observación

FORMATO DE OBSERVACION



Nombre del alumno	: JUAN EMANUEL ODAR ACUÑA				
Facultad	:Ingeniería Mecánica Eléctrica			FECHA:	
Asesor	Ing. Ricardo Rodríguez			HORA:	
Curso	:Desarrollo de tesis				
Descripción del caserío o centro poblado	DESCRIPCIÓN			OBSERVACION	
EN EJECUCION	01	DEL			
SI	02	LUGAR A			
NO	03	OBSERVAR			
DESCRIPCIÓN		1	2	3	
01. Ubicación y geográfica					
02. Tipo de Clima (Templado: SI O NO)					
03. Tipo de población					
04. Zona urbana/ rural					
05. Cuenta con carreteras					
06. Cuenta con agua potable y desagüe					
07. Cuenta con luz convencional					
08. Cuenta con algún representante la localidad					
09. Está delimitado geográficamente					
10. Cuenta con plaza de armas					
11. Tiene una posta medica					
12. Tiene centros educativos					
13. Población dispersa					
15. Cuenta con pistas y veredas					

ANEXO 7

Normas Técnicas Peruanas

**NORMA TECNICA DE EDIFICACION
EM080 INSTALACIONES CON ENERGIA
SOLAR**

Colector solar: Es un dispositivo diseñado para absorber la radiación solar y transformarla en calor. Los colectores solares planos tienen una superficie absorbente plana.

Controlador de carga: Dispositivo eléctrico-mecánico o electrónico cuya función principal es proteger a la batería de eventuales sobrecargas o descargas más allá de los límites sugeridos por el fabricante.

Edificación solar pasiva: Aquella en la que la propia edificación se ha diseñado y construido para que pueda satisfacer por sí misma las necesidades de calefacción y refrigeración.

Inversor de corriente: Dispositivo electrónico que permite convertir la corriente continua en alterna para satisfacer los requerimientos de funcionamiento de cargas que requieren corriente alterna para su funcionamiento.

Panel fotovoltaico o módulo fotovoltaico: Conjunto de células fotovoltaicas conectadas entre sí en serie o en paralelo con el fin de generar cantidades de corriente y voltaje requeridos por una carga determinada.

Radiación solar: Energía emitida por el sol que incide en la superficie terrestre.

Tablero: Dispositivo electromecánico concebido para facilitar la interconexión eléctrica controlador-circuitos de carga, proteger al controlador de sobrecargas por cortocircuito en el uso; administrar mejor el uso de la energía; facilitar modificaciones en los circuitos de suministro eléctrico a las cargas.

Tanque de almacenamiento: Para un sistema fototérmico es el depósito que permite conservar el agua caliente hasta su utilización.

Torta de barro: Término usado generalmente para designar a la cobertura o techo liviano compuesto de vigas y viguetas de madera, cañas y un recubrimiento final de barro.

6. CONSIDERACIONES GENERALES EN LA EDIFICACIÓN PARA INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR.

6.1 SISTEMAS FOTOTÉRMICOS

En este punto se muestra específicamente las mínimas condiciones técnicas que en la construcción de una vivienda se deben prever para la instalación y mantenimiento de termas solares.

6.1.1 LUGAR DE UBICACIÓN

- Las termas solares se pueden disponer en terrazas, techos, patios, o cualquier área donde se pueda instalar una estructura adecuada que sirva de apoyo y soporte de la terma solar a instalar teniendo en cuenta que no deben existir elementos que obstaculicen la incidencia de los rayos solares sobre el área colectora o que puedan interferir en su buen funcionamiento (vegetación, nieve, tierra, construcciones cercanas, cables aéreos, etc.) y así reduzcan su rendimiento térmico.
- Debe preverse mediante cálculos que la carga de la terma solar no afecte la resistencia del lugar de ubicación sobre el que se disponga.
- Su ubicación no debe conllevar ningún riesgo para la salud de las personas por lo que se tiene que dejar libre las rutas de escape en caso de emergencias.
- Según las dimensiones de la terma solar, deben dejarse las circulaciones y espacios adecuados para el correcto traslado, mantenimiento y limpieza de todos los elementos que la componen.

- Deben ubicarse próximas a los suministros de agua fría y/o caliente así como al sistema de desagüe (este caso se utiliza en el momento de la limpieza del colector).
- Para una alta confiabilidad se recomienda el uso de termas que tengan la opción de funcionamiento alterno (electricidad, gas u otros). Por lo tanto deben ubicarse próximas a un punto de salida de gas, eléctrica u otros.
- Los colectores y soportes, deben instalarse de tal modo que el agua que fluya sobre su superficie, no dañe la edificación ni cause erosión prematura de los techos.

6.1.2 ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

- Los colectores solares planos deben estar orientados hacia el norte y mantener un ángulo de inclinación equivalente a la latitud del lugar de instalación mas 10 grados.

6.1.3 ESTRUCTURA DE SOPORTE

- La estructura de soporte de los colectores y del tanque de almacenamiento deben ser fijados a elementos estructurales del techo o de la superficie donde se instalen, mediante el uso de piezas de fijación de tamaño adecuado.
- La estructura de soporte debe estar orientado hacia el norte y mantener un ángulo de inclinación equivalente a la latitud del lugar de instalación mas 10 grados.
- Los soportes deben proveer un adecuado paso y sujeción de la tubería.
- Cuando se requiera el paso de algún componente del sistema fototermico a través de partes estructurales de la edificación, las modificaciones deben cumplir con lo previsto en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Esta recomendación tiene por objeto prevenir el eventual efecto debilitador del paso de tuberías, canales, ductos con conductores eléctricos y otros equipamientos mecánicos sobre partes estructurales, superando las cargas admisibles.

6.1.4 SUPERFICIE Y PESO

- El tanque para almacenamiento de agua de la terma solar debe instalarse de modo que no exceda los límites de carga del diseño estructural del piso u otros elementos de soporte y se montará en posición vertical u horizontal, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
Para el cálculo de la capacidad del tanque para almacenamiento se seguirá lo indicado en la norma la norma IS.010 Instalaciones sanitarias para edificaciones.

6.1.5 PROTECCIONES Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD

Las instalaciones y conexiones de agua fría o caliente (excepción de las conexiones entre colector y tanque) deberán seguir lo estipulado en las normas señaladas en III.3 Instalaciones sanitarias del Reglamento Nacional de Edificaciones.

- Las instalaciones y conexiones de electricidad o gas deberán seguir lo estipulado en las normas EM010 Instalaciones eléctricas interiores y EM040 Instalaciones de gas, incluidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Se recomienda que el acabado de la superficie o techo donde se instale el tanque de almacenamiento debe tener una protección o acabado final que resista de manera óptima las filtraciones de agua en caso de rotura del tanque.
- Las partes metálicas de los componentes sometidos a la acción de la electricidad, con los que pueda darse el contacto humano, se deberán conectar a un sistema eléctrico de puesta a tierra según Código Nacional de Electricidad – Utilización.

6.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

6.2.1 DATOS TÉCNICOS

En las siguientes tablas se muestran las características técnicas mínimas de los módulos fotovoltaicos que deberán ser proporcionados por el proveedor.

Características Físicas	Unidades
Altura	milímetros (mm)
Ancho	milímetros (mm)
Espesor	milímetros (mm)
Peso	kilogramos (kg)

Características Eléctricas	Unidades
Potencia pico (P _{máx})	watt (W)
Corriente cortocircuito (I _{sc})	ampere (A)
Tensión circuito abierto (V _{oc})	volt (V)
Corriente máxima potencia (I _{máx})	ampere (A)
Tensión máxima potencia (V _{máx})	volt (V)

6.2.2 LUGAR DE UBICACIÓN.

- Los paneles o módulos fotovoltaicos se pueden instalar en terrazas, tejados, patios, ventanas, balcones, paredes, cornisas, postes, etc. teniendo muy en cuenta que no deben existir obstáculos que les puedan dar sombra (como vegetación, nieve, tierra, elementos constructivos, otras edificaciones cercanas, otros módulos, etc.) al menos durante las horas centrales del día.
- Si se permite el montaje en los tejados, considere una separación adecuada entre los módulos y el tejado o cubierta para permitir la circulación del aire.
- Los paneles deben ser montados de tal manera que tengan un fácil acceso a los servicios de limpieza, mantenimiento así como los espacios mínimos para una buena circulación de los usuarios. Esto también se aplica a la batería y al controlador.
- Los paneles no deben colocarse cerca de fuentes contaminantes como chimeneas industriales de combustión, carreteras polvorientas, etc. así como de elementos de almacenamiento de agua para evitar el deterioro del panel fotovoltaico.
- De preferencia los paneles deben ubicarse cerca de los lugares donde se ubicaran la unidad de control, la batería y el uso final, para evitar cables largos que elevan el costo y originan pérdidas de disipación.
- La unidad de control y batería de almacenamiento deben instalarse dentro de un espacio que pueda soportar las inclemencias del clima, los golpes, etc. y que tenga suficiente ventilación natural. Evitar los lugares expuestos directamente a la luz del sol.
- Si la batería de almacenamiento tiene electrolito líquido debe ubicarse en un ambiente aislado que evite el contacto de los gases emanados con los componentes electrónicos.
- Deben tomarse precauciones para evitar el cortocircuito accidental de los terminales de la batería.
- La instalación de los cables debe cumplir con lo estipulado en el Código Nacional de Electricidad.
- 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.).
- Así mismo, su ubicación no debe conllevar ningún riesgo para la seguridad y la salud de las personas por lo que se tiene que dejar libre las rutas de escape en caso de emergencias.

6.2.3 ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

- La orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos debe analizarse de tal modo que reciba una óptima radiación solar para el abastecimiento eléctrico de la vivienda de acuerdo con los usos y necesidades.
- Los paneles fotovoltaicos estacionarios deben estar orientados hacia el norte y mantener un ángulo de inclinación equivalente a la latitud del lugar de instalación mas 10 grados.

6.2.4 ESTRUCTURA DE SOPORTE.

- Si el montaje se hace sobre la cobertura o tejado, las estructuras de soporte no deberán fijarse a las tejas o a las calaminas, sino a las vigas u otro elemento de la estructura de la vivienda.
- La estructura del techo o marco de soporte así como el anclaje de los paneles deben ser lo suficientemente fuertes para soportar las cargas extras como las del viento (especialmente en áreas donde se dan ventiscas o tormentas). Como el panel es rectangular, la mínima fuerza de palanca ejercida por el viento se tiene cuando el lado más largo es paralelo a la superficie de montaje (suelo o techo).
- En caso de utilizarse estructuras metálicas, éstas deberán pintarse con un esmalte anticorrosivo no contaminante para proteger la integridad del panel fotovoltaico. Si se quiere utilizar ángulos de acero galvanizados y no vive cerca del mar (aire salino) puede usar ferretería de acero. En todos los casos se deberán sellar adecuadamente las perforaciones hechas en las azoteas para no perjudicar la impermeabilización del mismo.
- Si ubica una estructura de soporte sobre el techo, considere una separación adecuada entre los paneles y el techo, para facilitar su ventilación. Esta recomendación es muy importante si el techo es metálico. Para techos que no son planos, el ángulo de inclinación del soporte debe incluir el del techo. Si vive en la montaña y nieva considerablemente, el sostén debe tener una altura superior al máximo previsto para la acumulación de nieve, para evitar el sombreado de las células. En estos lugares, coloque el lado más corto del panel fotovoltaico paralelo al suelo, a fin de que la nieve resbale al calentarse el mismo.
- Debe tomarse en cuenta que el cálculo y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos permita las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los paneles fotovoltaicos.
- El diseño de las estructuras de soporte debe facilitar la limpieza de los módulos fotovoltaicos y la inspección de las cajas de conexión.

6.2.5 SUPERFICIE Y PESO

- **Superficie**
La superficie que se requiere para una instalación con paneles fotovoltaicos depende de la irradiación solar del lugar, de la potencia y energía que se requiere suministrar así como de las características técnicas del módulo fotovoltaico.
Para cálculos preliminares de diseño arquitectónico se puede considerar que para cada kWp de paneles fotovoltaicos se requiere una superficie aproximada de 10 m².
- **Peso**
El peso del panel fotovoltaico varía de acuerdo a la superficie que ocupa. Se puede considerar un aproximado de 15 kg/m².
Por otro lado la estructura de soporte del panel fotovoltaico varía de acuerdo al material empleado (hierro, aluminio, madera, etc.), a la forma de anclaje, etc.
Hay que prever la resistencia de la superficie que la soporta como techos de torta de barro, concreto, paja, etc.

6.2.6 PROTECCIONES Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD ELECTRICA.

- La instalación fotovoltaica incorporará los elementos y las características necesarias para garantizar en todo momento la calidad y la seguridad del suministro eléctrico (frente contactos directos e indirectos, cortocircuitos,

sobrecargas, etc.) de modo que cumplan las directivas del Código Nacional de Electricidad.

- La Toma a Tierra debe ser conectada al marco metálico del panel fotovoltaico. De haber más paneles, conecte los marcos metálicos entre sí utilizando alambre conductor para puesta a tierra. El propósito de esta conexión es conducir cualquier carga eléctrica inducida en la superficie del panel a tierra, cuando se producen tormentas eléctricas. La misión de esta tierra no es actuar como pararrayo, sino conseguir que las cargas inducidas sobre la superficie del panel fotovoltaico se redistribuyan en una mayor superficie (tierra).
- Blindaje, si se quiere proteger los cables contra roedores puede usarse un blindaje mecánico usando una cobertura espirada flexible, estos blindajes deben ser cortados diagonalmente, paralelo al espiral, como los bordes son filosos y dispares se hace necesario terminar el blindaje usando conectores que protejan la zona del corte y, a la vez, puedan ser insertados en una de las partes removibles de las cajas de conexiones.

ANEXO 8

**REGLAMENTO TÉCNICO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y
PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA
FOTOVOLTAICO Y SUS COMPONENTES PARA ELECTRIFICACIÓN
RURAL.**

**MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD**

NORMA DGE

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL
SISTEMA FOTOVOLTAICO Y SUS
COMPONENTES PARA
ELECTRIFICACIÓN RURAL**

Setiembre, 2015

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO Y SUS COMPONENTES PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL

INDICE

	Página
1.- OBJETIVO	3
2.- NORMAS DE REFERENCIA	3
3.- CONDICIONES AMBIENTALES	3
4.- COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	3
5.- INFORMACIÓN GENERAL	4
6.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SFV Y SUS COMPONENTES	4
7.- PRUEBAS	18
8.- MANIPULEO Y TRANSPORTE	18
9.- GARANTÍA TÉCNICA	19
10.- EMBALAJE	19
11.- INSPECCIÓN Y PRUEBAS EN FÁBRICA	19
12.- INFORMACIÓN TÉCNICA REQUERIDA	19
ANEXO.- TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO Y SUS COMPONENTES PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL

1. OBJETIVO

La presente Especificación Técnica establece las características generales, físicas, de funcionamiento, condiciones extremas de operación y protecciones, que deben cumplir el Sistema Fotovoltaico (SFV) y sus componentes, para su aplicación en instalaciones eléctricas de Electrificación Rural.

2. NORMAS DE REFERENCIA

A continuación se mencionan las principales normas de referencia que han sido consultados para la elaboración de la presente Especificación Técnica:

- IEC-61215. Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación de diseño y aprobación de tipo.
- IEC 61730-1. Requisito de seguridad de los módulos fotovoltaicos (FV). Parte 1: Requisitos de construcción.
- IEC 61730-2. Requisito de seguridad de los módulos fotovoltaicos (FV). Parte 2: Requisitos para ensayos.
- IEEE-Standard 1262. Recommended Practices for Qualification of Photovoltaic (PV) modules, April, 1996.
- ISO 17025. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- NTP IEC 60529-2010. Grados de Protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- NTP IEC 62262-2010 Grados de Protección proporcionados por las envolventes de equipos eléctricos contra los impactos mecánicos externos (Código IK).
- IEC 61427-1. Celdas y baterías para almacenamiento de energías renovables – Requerimientos Generales y Métodos de Evaluación. Parte 1. Aplicaciones fotovoltaicas Off-Grid.
- IEC 60896-21. Baterías Estacionarias de Plomo. Parte 21: Baterías reguladas por válvula. Métodos de Ensayo.
- IEC 62257-9-5 Ed. 2. Recomendaciones para pequeños sistemas de energías renovables y Sistemas híbridos para Electrificación rural.
- DIN 40050. Road vehicles: degrees of protection (IP-code).
- Universal Technical Standard for Solar Home Systems. Thermie B SUP 995-96, EC-DGXVII, 1998.

- Directiva 2004/108/EC (EG) sobre Compatibilidad Electromagnética.
- Código Nacional de Electricidad (Utilización) Enero 2006.
- Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos Rurales.

3. CONDICIONES AMBIENTALES

El Sistema Fotovoltaico se instalará en zonas con las siguientes condiciones ambientales:

- | | | | |
|---|-----------------------------|---|------------------------|
| - | Altitud sobre nivel del mar | : | Hasta 5 000 m |
| - | Humedad relativa | : | 50 a 95% |
| - | Temperatura ambiente | : | - 15 °C a 40 °C |
| - | Precipitación pluvial | : | Moderada a intensa |
| - | Irradiancia solar máxima | : | 1 200 W/m ² |
| - | Velocidad del viento | : | hasta 120 km/h |

4. COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Según la configuración, el SFV están compuestos por:

- Un generador fotovoltaico compuesto por uno o más módulos fotovoltaicos.
- Un banco de baterías compuesto por una o más baterías.

- Una Unidad de Control formado por uno o más controladores de carga, un convertidor de tensión (Opcional), un inversor de corriente (únicamente para suministros eléctricos en corriente alterna).
- Lámparas en corriente continua, usualmente tres (3) unidades para suministros en 12 V, en corriente continua.
- Accesorios principales (Soporte y poste del generador fotovoltaico, gabinete de control, racks para batería, sistemas de distribución eléctrica).

5. INFORMACIÓN GENERAL

El Sistema Fotovoltaico se dimensiona a partir de las características climáticas y geográficas del lugar de instalación, además con esta información se deberán obtener las características técnicas de los componentes principales y del sistema de distribución eléctrica.

En general, se recomienda obtener la información climática y geográfica del lugar de instalación, a fin de especificar adecuadamente el SFV, y no sobredimensionarlos. En el caso que se desconozca el lugar de destino final, debe tomarse en cuenta las condiciones extremas del área donde se intervendrá o en el caso extremo usar las siguientes condiciones generales:

- Irradiancia solar mínima mensual anual : 3,5 kWh/m²-día
- Irradiancia solar instantánea máxima anual : 1 200 W/m²
- Humedad relativa : 90 %
- Rango de temperaturas ambiente : -10 °C a 45 °C
- Velocidad máxima del viento : 120 km/h
- Altura sobre nivel del mar : 5 000 m

6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SFV Y SUS COMPONENTES

Las especificaciones técnicas del SFV y sus componentes se muestran en los siguientes grupos:

- **Generales**, especificaciones relacionadas con características generales, certificaciones, información técnica que deben acompañar a cada componente.
- **Físicas**, especificaciones referidas a las características constructivas, elementos y partes que conforman los componentes.
- **Eléctricas**, especificaciones referidas a las características eléctricas y de funcionamiento.
- **Funcionamiento en condiciones extremas de operación**, especificaciones destinadas a garantizar el funcionamiento de los componentes en eventuales condiciones críticas.
- **Protecciones**, especificaciones destinadas a proteger un componente o más, en casos fortuitos.

A. MÓDULO FOTOVOLTAICO

1. Características generales

- MFV-CG-1 : Debe estar certificado de acuerdo a la norma internacional: IEC-61215 "Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre, calificación del diseño y aprobación de tipo".
- MFV-CG-2 : Debe estar certificado de acuerdo a la norma internacional: IEC 61730 "Requisitos de la seguridad de los módulos fotovoltaicos (FV)". Parte 1: Requisitos de construcción y Parte 2: Requisitos para Ensayos.
- MFV-CG-3 : Debe ser suministrado con los certificados de cumplimiento de las normas internacionales IEC-61215 e IEC-61730. Los certificados deberán:
 - Consignar el nombre y otros datos de la institución que emite los certificados.
 - Ser emitidos por una institución diferente del fabricante, que cuente con certificado vigente ISO 17025 el cual debe

- adjuntarse.
 - Consignar la marca y modelo del módulo fotovoltaico que se certifica.
 - Estar vigentes a la fecha de su presentación.
 - Ser entregados completos y estar legibles.
- MFV-CG-4 : Debe ser suministrado con la documentación del fabricante, que indique el cumplimiento que luego 25 años de operación, su potencia máxima real no ha disminuido por debajo del 80 % de la potencia máxima nominal, ambos en Condiciones Estándar de Medida: 1000 W/m², AM 1.5 y temperatura de célula 25 °C.
- MFV-CG-5 : Deberá entregarse información técnica del fabricante que muestre como mínimo lo siguiente:
- Potencia máxima, tensión y corriente en el punto de máxima potencia, corriente de cortocircuito y tensión de circuito abierto, valores nominales a: i) Condiciones Estándar de Medida: 1 000 W/m², AM 1,5 y temperatura de célula 25 °C y, ii) Condición Normales de Operación: 800 W/m², AM 1,5 y temperatura normal de operación de la célula.
 - Rango de variación de potencia máxima real respecto de la potencia máxima nominal.
 - Curvas de Corriente vs Tensión para 200, 400, 600, 800, y 1 000 W/m² de irradiancia solar para temperatura de célula de 25 °C.
 - Dimensiones: Largo, ancho y alto.
 - Peso.
 - Material de la célula fotovoltaica.
 - Número de células fotovoltaicas.
 - Características físicas del módulo fotovoltaico: cubierta, tipo estructura, tipo de material en la parte posterior y aspectos de instalación.
 - Eficiencia del módulo fotovoltaico.
 - Características de la etiqueta e información que contiene.
 - Características de la caja de conexiones: dimensiones, grado de protección, modo de indicación de polaridad, adosamiento, tamaño de la bornera de conexión, cantidad de diodos en su interior.
 - De ser suministrado con cable instalado en fábrica, se deberá indicar las características técnicas del cable y el tipo de conector a ser utilizado para acoplamiento.
- MFV-CG-6 : Debe contar con etiqueta visible adherida o impresa firmemente sobre su superficie, con la siguiente información:
- Marca, modelo y número de serie.
 - Nombre del fabricante y lugar de fabricación.
 - Potencia máxima, tensión y corriente en el punto de máxima potencia nominal, corriente de cortocircuito y tensión de circuito abierto, todos los valores nominales indicados a Condiciones Estándar de Medida: 1 000 W/m², AM 1,5 y temperatura de célula 25 °C.
- El adquiriente podrá solicitar que se incluya otra información que considere relevante.

2. Características físicas

- MFV-CF-1 : Debe estar compuesto como mínimo por 36 células fotovoltaicas de silicio policristalino o monocristalino.
- MFV-CF-2 : Debe contar con una cubierta de vidrio y estar encapsulado con material Acetato de Vinil Etileno (EVA), tener una estructura rígida en marco de aluminio anodizado con orificios hechos en fábrica para su instalación.
- MFV-CF-3 : La caja de conexión debe estar provista con elementos de fijación de cables para que una vez instalados mantenga el grado de protección exigido.
- MFV-CF-4 : La caja de conexión debe estar firmemente unida a la parte posterior del módulo fotovoltaico, además deberá contar con la señalización de polaridad.
- MFV-CF-5 : Para módulos fotovoltaicos suministrados con cables instalados en fábrica, se deberán utilizar, cuando se requiere el acoplamiento con otros cables, conectores especiales para uso fotovoltaico que permitan una sujeción firme y hermética. Además, el cable instalado en fábrica deberá ser para uso fotovoltaico y el cable a acoplar de semejantes características.
- MFV-CF-6 : No debe presentar los siguientes defectos:
- Células rotas o agrietadas.
 - Células desalineadas.
 - Presencia de elementos extraños en las células Fotovoltaicas.
 - Impurezas en el laminado.
 - Burbujas en el encapsulado.
 - Rotura o daño del vidrio.
 - Rotura o daño de las conexiones eléctricas entre Células.
 - Legibilidad o borrado de la etiqueta.
 - Material extraño adherido a la cubierta de vidrio.
 - Superficie posterior dañada.
 - Caja de conexiones rota o desprendida.
 - Presencia de intersticios entre el marco y la placa Fotovoltaica que dañen su estanqueidad.

3. Características eléctricas

- MFV-CE-1 : La potencia máxima nominal del módulo fotovoltaico, debe estar indicada en Condiciones Estándar de Medida (1 000 W/m², AM 1,5 y temperatura de célula 25 °C).
- MFV-CE-2 : La potencia máxima real del módulo fotovoltaico después de 25 años de operación no debe ser inferior al 80 % de su potencia máxima nominal, ambas en Condiciones Estándar de Medida (1 000 W/m², AM 1,5 y temperatura de célula 25 °C).
- MFV-CE-3 : La potencia máxima real del módulo fotovoltaico, al momento de

- ser suministrado, no podrá ser menor al 5 % ni mayor al 10 % de su potencia máxima nominal (Wp) sin considerar la tolerancia señalada por el fabricante.
- MFV-CE-4 : La tensión real del módulo fotovoltaico, en el punto de máxima potencia en Condiciones Estándar de Medida (1 000 W/m², AM 1,5 y temperatura de célula 25 °C) no deberá ser menor de 17 V.
- MFV-CE-5 : El adquiriente podrá solicitar que el valor de la eficiencia del módulo fotovoltaico al momento de ser suministrado, sea mayor o igual a 13 % a Condiciones Estándar de Medida (1 000 W/m², AM 1,5 y temperatura de célula 25 °C).
- 4. Protecciones**
- MFV-P-1 : El grado de protección de la caja de conexiones debe ser como mínimo IP65.
- MFV-P-2 : Deberá tener como mínimo, dos (02) diodos de "by pass", los cuales deberán estar instalados al interior de su caja de conexiones.
- MFV-P-3 : Deberá tener señalizada la conexión de aterramiento en su marco de aluminio anodizado.

B. CONTROLADOR DE CARGA

1. Características generales

- C-CG-1 : Debe ser del tipo electrónico.
- C-CG-2 : Se debe poder seleccionar y modificar el tipo de batería a conectar, como mínimo, del tipo abierta y del tipo sellada. Esta selección y modificación deberá poder realizarse en el lugar de instalación.
- C-CG-3 : Se debe poder modificar el valor de la tensión de desconexión de las cargas de consumo, sin necesidad de modificar la selección del tipo de batería conectado. Esta modificación deberá poder realizarse inclusive luego de su instalación.
- C-CG-4 : El adquiriente podrá solicitar que el Controlador posea la función de almacenar información básica de operación del Sistema Fotovoltaico en formato exportable y editable de mínimo 30 días y registros por hora, de operación. Se recomienda el registro de la siguiente información básica:
- Corriente que genera el módulo fotovoltaico.
 - Corriente hacia la carga de consumo.
 - Corriente que ingresa a la batería.
 - Carga eléctrica (Ah) o Energía (Wh) que ingresó a la batería.
 - Carga eléctrica (Ah) o Energía (Wh) que salió a la carga de consumo.
- C-CG-5 : Deberá contar con etiqueta visible, adherida o impresa firmemente sobre su superficie con la siguiente información: Nombre del fabricante, marca, modelo, número de serie, procedencia, tensión nominal de operación, capacidad en amperes del lado del generador fotovoltaico y, de ser un valor diferente, la capacidad del lado del consumo. El adquiriente podrá solicitar que se incluya otra información que considere relevante.

- C-CG-6 : Deberá entregarse información técnica del fabricante que muestre como mínimo lo siguiente:
- Tipo de controlador electrónico.
 - Instrucciones para seleccionar el tipo de batería a conectar.
 - Instrucciones para modificar la tensión de desconexión de las cargas de consumo.
 - Si es requerida la especificación de almacenamiento de información, se deberá solicitar la descripción del sistema de almacenamiento de datos, parámetros a registrar, tiempos, modo de exportación, programación, descargas entre otros.
 - Características de la etiqueta e información que contiene.
 - Información referida al tiempo de vida.
 - Descripción física: dimensiones, peso, material de la cubierta, descripción de los terminales de conexión, grado de protección.
 - Modo de visualización de parámetros de funcionamiento y alarmas.
 - Corriente nominal (lado generador fotovoltaico y lado cargas de consumo).
 - Tensión nominal de operación.
 - Procesos electrónicos de carga eléctrica.
 - Valores de la tensiones de desconexión y reposición de las cargas de consumo.
 - Valores de la tensión de activación de los procesos electrónicos de carga eléctrica.
 - Información de modificación de las tensiones producto de la variación de la corriente.
 - Valores de caídas de tensión máxima entre terminales.
 - Valor de autoconsumo en cualquier condición de funcionamiento.
 - Factor de corrección de tensión por temperatura, de los procesos electrónicos de carga eléctrica.
 - Información técnica referida al cumplimiento de lo indicado en el Numeral 4. Funcionamiento en condiciones extremas de operación.
 - Protecciones electrónicas.
- C-CG-7 : Deberá ser suministrado con la documentación emitida por el fabricante que certifique el cumplimiento de la Compatibilidad Electromagnética, según 2004/108/EC (CE).
- C-CG-8 : La vida útil del controlador no debe ser menor a 10 años en condiciones de operación indicadas por el fabricante.

2. Características físicas

- C-CF-1 : La superficie debe ser de material inoxidable o con tratamiento superficial que retarde el proceso de deterioro por factores climáticos.
- C-CF-2 : Los terminales de conexión deben ser de fácil acceso y deben permitir una sujeción firme de los cables a conectar. Para el caso de los controladores de carga de capacidad hasta 20 A, los terminales

de conexión deben permitir la sujeción firme de cables de, como mínimo, 6 mm², mientras que para el caso de controladores de carga de mayor capacidad, la sección mínima deberá ser determinada por el adquiriente, según la corriente máxima considerada.

- C-CF-3 : Los terminales de conexión deben tener indicaciones claras de la posición del componente a conectarse, además de la polaridad correspondiente.
- C-CF-4 : Deberá contar con indicadores visuales o sonoros que proporcionen, como mínimo, la siguiente información de funcionamiento:
- Entrega de corriente del módulo fotovoltaico (batería en proceso de carga).
 - Estado de carga de la batería (como mínimo: carga total, carga media o carga baja).
 - Cargas de consumo desconectadas.
 - Alarma por pronta desconexión de las cargas de consumo.
 - Alarma por mal funcionamiento: cortocircuito, sobrecarga, polaridad inversa.

3. Características eléctricas

- C-CE-1 : La carga eléctrica de la batería deberá realizarse mediante procesos electrónicos, como mínimo, de flotación, carga reforzada y equalización.
- C-CE-2 : La tensión de desconexión de las cargas de consumo deberá ser determinada por el adquiriente, conforme con su demanda eléctrica y las características de la batería, entre otros parámetros de diseño como la autonomía. Se recomienda que este valor no sea menor a 11,40 V.
- C-CE-3 : La tensión de reposición de las cargas de consumo deberá realizarse como mínimo 0,8 V arriba del valor de la tensión de desconexión de las cargas de consumo. El adquiriente podrá determinar un valor máximo de reconexión de carga considerando sus parámetros de diseño. Se recomienda que este valor no sea superior a 12,8 V.
- C-CE-4 : El proceso de flotación electrónica deberá realizarse en el rango de 13,7 V y 13,9 V a 25 °C.
- C-CE-5 : Las tensiones no deben modificarse en más de 1 % producto de la variación de la corriente.
- C-CE-6 : Las caídas internas de tensión, entre cualquiera de sus terminales, deben ser como máximo 4 % para cualquier condición de funcionamiento.
- C-CE-7 : El autoconsumo en cualquier condición de funcionamiento no debe exceder el 0,2 % de su capacidad nominal de lado del generador fotovoltaico.
- C-CE-8 : Deberá modificar automáticamente, por efecto de la variación de temperatura ambiente, las tensiones de activación de los procesos

- electrónicos de flotación, carga reforzada y equalización de la batería. El factor de compensación debe estar entre $-18 \text{ mV/}^\circ\text{C}$ y $-30 \text{ mV/}^\circ\text{C}$.
- C-CE-9 : Los valores de tensión de desconexión y reconexión de las cargas de consumo no deberán modificarse por efectos de la variación de la temperatura ambiente.
- C-CE-10 : No debe producir ruido, interferencias u otras de acuerdo a lo indicado en la directiva 2004/108/EC (EG).
- 4. Funcionamiento en condiciones extremas de operación**
- C-FCEO-1 : Deberá funcionar en cualquier condición de batería desconectada, con el generador fotovoltaico (generando) y las cargas de consumo encendidas o apagadas, garantizando una tensión de salida a las cargas no mayor de 1,25 veces la tensión nominal del sistema.
- 5. Protecciones**
- C-P-1 : Deberá tener un grado de protección mínimo IP23.
- C-P-2 : Deberá tener, como mínimo, las siguientes protecciones electrónicas:
- Protección al módulo fotovoltaico ante retorno de corriente.
 - Protección a la batería ante sobrecargas y sobre descargas.
 - Protección contra cortocircuitos, lado del módulo fotovoltaico y de la carga de consumo.
 - Protección contra polaridad inversa en cualquier línea: módulo fotovoltaico, batería y carga de consumo.
 - Protección contra sobretensión en la entrada del módulo fotovoltaico.
 - Protección contra funcionamiento sin batería.
 - Protección contra sobretemperatura.
- C. BATERÍA**
- 1. Características generales**
- B-CG-1 : Deberá ser del tipo plomo – ácido. El adquiriente definirá, el o los tipos de batería de plomo – ácido según su requerimiento.
- B-CG-2 : Deberá contar con etiqueta visible adherida o impresa firmemente sobre su superficie con la siguiente información: marca, modelo, procedencia, tensión nominal y capacidad en Ah, indicando el régimen de descarga. El adquiriente podrá solicitar que se incluya otra información que considere relevante.
- B-CG-3 : Deberá entregarse información técnica del fabricante que muestre como mínimo lo siguiente:
- Tipo de batería.
 - Características de la etiqueta e información que contiene.
 - Información del tipo de electrolito, de ser líquido deberá indicarse su densidad.
 - Tipos de terminales, indicación de polaridad y conexiónado.
 - Características físicas: Tipos de terminales, dimensiones, características del contenedor, existencia de válvula tipo VRLA para baterías selladas.

- Valores de capacidad de almacenamiento en Amperes-hora a diferentes regímenes de descarga, como mínimo, para C10, C20 y C100. Los valores de capacidad deberán estar indicados hasta una tensión final de 1,75 V/celda y 25°C de temperatura ambiente.
 - Valor de auto descarga mensual.
 - Información de auto descarga para diferentes temperaturas, el adquirente podrá no solicitar esta información.
 - Gráfico de disminución de capacidad versus el tiempo de almacenamiento.
 - Gráfico de variación de la capacidad nominal versus temperatura ambiente.
 - Gráfico del número de ciclos de vida versus profundidad de descarga.
 - Declaración de cumplimiento que la capacidad real de la batería al momento de ser suministrada, no será menor al 5 % ni mayor al 20 % de su capacidad nominal, a similares condiciones de operación.
 - Declaración de cumplimiento que al momento de ser suministrada, la batería debe entregar por primera vez (capacidad inicial) como mínimo el 80 % de su capacidad nominal, además de tener como mínimo una tensión en vacío de 12,5 V.
 - Declaración de cumplimiento que la fabricación de las baterías es de una antigüedad menor a 1 año de la fecha de su suministro.
 - Declaración de cumplimiento del tiempo de vida solicitado, el que corresponderá cuando la capacidad real de la batería es el 80 % de su capacidad nominal, a iguales condiciones de operación.
- B-CG-4 : El adquirente deberá solicitar el tiempo de vida de la batería según sus requerimientos, considerando que ésta no podrá ser menor a 900 ciclos para una profundidad de descarga de 50 %, para cualquier tipo de batería plomo – ácido.
- 2. Características físicas:**
- B-CF-1 : La polaridad deberá estar claramente indicada en bajo o alto relieve o impresa adecuadamente, sin riesgo de fácil desprendimiento, mediante el símbolo “+” para el polo positivo y el símbolo “-” para el polo negativo.
- B-CF-2 : Los terminales de la batería deberán permitir la conexión firme y segura de los cables. El adquirente podrá precisar el tipo y características de los terminales según sus requerimientos.
- B-CF-3 : La conexión de los cables a la batería deberá realizarse con conectores que permitan una sujeción firme y segura, de preferencia suministrados por el fabricante de la batería. El adquirente podrá precisar el tipo y las características de los conectores, según sus requerimientos.
- B-CF-4 : Si la batería es con electrolito líquido del tipo abierta, al estar en plena carga eléctrica, la densidad del electrolito debe corresponder a:
- De 1,20 g/cm³ y menos de 1,23 g/cm³, para lugares con temperatura ambiente promedio, superior a 30 ° C.
 - De 1,23 g/cm³ y menos de 1,26 g/cm³, para lugares con temperatura ambiente promedio, que se encuentren entre 15 ° C y

30 °C.

- De 1,26 g/cm³ y 1,28 g/cm³ para lugares con temperaturas ambiente promedio inferiores a 15 °C.

3. Características eléctricas

- B-CE-1 : La capacidad nominal de la batería debe ser solicitada en amperios hora (Ah) para el régimen de descarga C100 o C20, según se requiera, hasta una tensión final de 1,75 V por celda y 25 °C de temperatura ambiente.
- B-CE-2 : La capacidad real de la batería, al momento de ser suministrada, no deberá ser menor del 95 % ni mayor a 120 % de su capacidad nominal.
- B-CE-3 : El valor de auto descarga mensual máximo, deberá ser:
- 6 % en lugares con temperaturas promedio, en el lugar de instalación, superiores a 30 °C.
 - 8 % en lugares con temperaturas promedio, en el lugar de instalación, entre 15 °C y menos de 30 °C.
 - 3 % en lugares con temperaturas promedio, en el lugar de instalación, inferiores a 15 °C.
- B-CE-4 : Al momento de ser suministrada debe entregar por primera vez (capacidad inicial) como mínimo el 80 % de su capacidad nominal, además deberá tener una tensión en vacío mínima de 12,5 V. (considerando batería de 6 celdas).
- B-CE-5 : La batería habrá cumplido su tiempo de vida cuando su capacidad real sea menor al 80 % de su capacidad nominal a un mismo régimen de descarga.
- 4. Protecciones**
- B-P-1 : Se recomienda que el contenedor de la batería sea de un material con retardante al fuego o llama.
- B-P-2 : Si es batería del tipo sellada deberá tener una válvula regulada (VRLA).

D. LÁMPARA EN CC

1. Características generales

- L-CG-1 : Podrá ser del tipo fluorescente compacto o del tipo LED. El adquirente definirá de acuerdo a sus necesidades el tipo de lámparas a adquirir.
- L-CG-2 : El casquillo deberá ser rosca tipo Edison 27 (E27).
- L-CG-3 : Debe contar con etiqueta visible adherida o impresa firmemente sobre su superficie, con la siguiente información: Marca, modelo, procedencia, tensión nominal, potencia nominal. El adquirente podrá solicitar que se incluya otra información que considere relevante.
- L-CG-4 : Debe entregarse información técnica del fabricante que muestre como mínimo lo siguiente:
- Tipo de Lámpara.
 - Características de la etiqueta e información que contenga.

ANEXO 9

**DECRETO SUPREMO N° 025-2007-EM
Aprueban Reglamento de la Ley N° 28749,
Ley General de Electrificación Rural**

Publicación: 03/05/2007

DECRETO SUPREMO Nº 025-2007-EM

Aprueban Reglamento de la Ley Nº 28749, Ley General de Electrificación Rural

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

CONSIDERANDO:

Que, mediante Ley Nº 28749, se aprobó la Ley General de Electrificación Rural, con el objeto de establecer el marco normativo para la promoción y el desarrollo eficiente y sostenible de la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país;

Que, la Segunda Disposición Final de la referida Ley dispone que el Poder Ejecutivo dictará el reglamento, mediante Decreto Supremo refrendado por los Ministros de Energía y Minas y de Economía y Finanzas;

De conformidad con el inciso 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación del Reglamento de la Ley General de Electrificación Rural

Apruébese el Reglamento de la Ley Nº 28749, Ley General de Electrificación Rural, conformado por Dieciséis (16) Títulos, ochenta y un (81) artículos, dos (02) Disposiciones Complementarias, catorce (14) Disposiciones Transitorias, cuatro (04) Disposiciones Finales y un (01) Anexo de Definiciones, el cual forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Refrendo y vigencia

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Energía y Minas y por el Ministro de Economía y Finanzas, y entrará en vigencia el día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dos días del mes de mayo del año dos mil siete.

ALAN GARCÍA PÉREZ

Presidente de la República

Gerencia Legal
Actualizado 28/09/2015
Fuente: SPIJ

JUAN VALDIVIA ROMERO

Ministro de Energía y Minas

LUIS CARRANZA UGARTE

Ministro de Economía y Finanzas

REGLAMENTO DE LA LEY N° 28749, LEY GENERAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Referencias y aplicación supletoria

Para los efectos del presente Reglamento entiéndase por:

- Ley: Ley General de Electrificación Rural
- Ley N° 28832: Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica
- Reglamento: Reglamento de la Ley N° 28749, Ley General de Electrificación Rural
- LCE: Ley de Concesiones Eléctricas
- RLCE: Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas
- Ministerio: Ministerio de Energía y Minas
- DGE: Dirección General de Electricidad
- DEP: Dirección Ejecutiva de Proyectos
- DGAAE: Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos
- FONER: Unidad de Gerencia del Proyecto Fondos Concursables para el Mejoramiento de la Electrificación Rural
- ADINELSA: Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A.
- OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
- PROINVERSION: Agencia de Promoción de la Inversión Privada
- FONAFE: Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado
- SER: Sistemas Eléctricos Rurales
- PNER: Plan Nacional de Electrificación Rural
- "DGER: Dirección General de Electrificación Rural" (*)

(*) Referencia incorporada por el [Artículo 2 del Decreto Supremo N° 042-2011-EM](#), publicado el 20 julio 2011.

Cualquier mención a artículos o títulos sin señalar la norma a la que corresponde, se debe entender referida al presente Reglamento.

Para los aspectos que no estén desarrollados en este Reglamento, se deberán aplicar supletoriamente lo regulado por la LCE y el RLCE.

Artículo 2.- Objeto

Reglamentar el marco normativo para la promoción y el desarrollo eficiente y sostenible de la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país.

Artículo 3.- Principios

La acción del Estado en materia de electrificación rural se rige por los siguientes principios:

1. Complementariedad:

El desarrollo de proyectos de electrificación rural es de preferente interés social, y se enmarca en la acción coordinada con otros sectores del Gobierno Nacional, Gobiernos Regionales y Locales, estableciendo objetivos comunes que busquen el desarrollo socioeconómico de las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera.

2. Subsidiariedad:

En la electrificación rural el Estado asume su rol subsidiario a través de la ejecución de los SER en el marco de la utilización eficiente de los recursos económicos, así como su rol de promotor de la participación privada.

3. Desarrollo Sostenible:

Coadyuvar al desarrollo socioeconómico, promoviendo el uso productivo de la electricidad con el consecuente incremento de la demanda, a fin contribuir a garantizar la sostenibilidad económica de los SER; sin afectar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para sus propias necesidades.

4. Adecuación y Diversificación Tecnológica:

Utilización eficiente de los recursos económicos y energéticos, considerando las características de abastecimiento y proyección del consumo en cada zona rural, localidad aislada y de frontera del país, propiciando el uso de alternativas económicas viables y prestando especial atención al aprovechamiento de los recursos energéticos renovables.

Artículo 4.- Sistemas Eléctricos Rurales (SER)

Los SER incluyen las conexiones domiciliarias con cualquier tipo de equipo de medición. Asimismo, además de las redes de distribución, pueden comprender las redes de transmisión, así como generación distribuida embebida en las redes de distribución eléctrica. Cada SER será clasificado por OSINERGMIN según los Sectores de Distribución Típicos que establezca la DGE. ()*

(*) Artículo modificado por el [Artículo 1 del Decreto Supremo N° 042-2011-EM](#), publicado el 20 julio 2011, cuyo texto es el siguiente:

“ Artículo 4.- Sistemas Eléctricos Rurales (SER)

Todas las instalaciones ubicadas en zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país, que sirven para abastecer al Servicio Público de Electricidad según lo establecido en el artículo 2 de la Ley de Concesiones Eléctricas, constituyen los Sistemas Eléctricos Rurales por su condición de necesidad nacional, utilidad pública y de preferente interés social.

Los Sistemas Eléctricos Rurales incluyen las conexiones domiciliarias con cualquier tipo de equipo de medición. Asimismo, además de las redes de distribución, pueden comprender las redes de transmisión, así como generación ubicada fuera de la zona de concesión o distribuida embebida en las redes de distribución eléctrica.

Los Sistemas Eléctricos Rurales con Suministros No Convencionales, a los que se aplica la Tarifa Eléctrica Rural para Sistemas Fotovoltaicos, incluyen el propio sistema fotovoltaico y la conexión domiciliaria sin equipo de medición.”

TÍTULO II

FUNCIÓN DEL ESTADO EN LA ELECTRIFICACIÓN RURAL

Artículo 5.- Función Ejecutora

El Ministerio, a través de la DEP, como organismo nacional competente en electrificación rural, desarrolla el planeamiento en coordinación con los Gobiernos Regionales, Locales y los programas, proyectos, entes, instituciones e inversionistas interesados en contribuir a elevar el coeficiente de electrificación rural, administra los recursos asignados para la electrificación, con excepción de los destinados a la promoción de la inversión privada, elabora los estudios, ejecuta las obras a su cargo y realiza su transferencia para su administración, operación y mantenimiento a las empresas concesionarias de distribución eléctrica de propiedad estatal, o a ADINELSA, según lo dispuesto en el Título XII del Reglamento.

El Ministerio, a través de la DEP y las empresas concesionarias de distribución eléctrica de propiedad estatal, podrá suscribir convenios de cooperación a fin de que estas últimas ejecuten obras de electrificación rural.

La función ejecutora del Estado en la electrificación rural, de acuerdo a lo establecido en el artículo 6 de la Ley, comprende también la ejecución de SER por los Gobiernos Regionales, Gobiernos Locales y otras entidades.

En el marco de la normativa vigente sobre descentralización, la DEP podrá cofinanciar la ejecución de proyectos presentados por los Gobiernos Regionales o Locales, en el marco de los convenios que se suscriban para tal efecto.

Artículo 6.- Función Promotora

El Ministerio, a través de la DGE, desarrolla la función promotora en electrificación rural.

Los procesos de adjudicación para la participación privada son conducidos por PROINVERSIÓN.

La promoción comprende las etapas de planeamiento, diseño, inversión, construcción, operación y mantenimiento de los SER, así como los proyectos de electrificación rural cofinanciados por convenios internacionales.

Entre los mecanismos para la promoción de la inversión privada en electrificación rural se considerará el subsidio a la inversión para la ejecución de los SER. Dicho subsidio sólo podrá ser otorgado como resultado de un proceso de promoción de la inversión privada en electrificación rural conducido por PROINVERSIÓN y desarrollado conforme a lo establecido en el Título XIV del Reglamento.

TÍTULO III

RECURSOS PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL

Artículo 7.- Recursos Económicos para la Electrificación Rural

7.1 Los recursos a que se refieren los literales c), d), e), f), g) y h) del artículo 7 de la Ley, descontando el Monto Especifico destinado al Mecanismo de Compensación para Sistemas Aislados a que se refiere el artículo 30 de la Ley N° 28832, serán transferidos por las entidades correspondientes al Ministerio, quien transferirá los recursos para su administración a la DEP u otras unidades ejecutoras en lo que corresponda.

El monto específico a que se refiere el numeral precedente será transferido directamente por las Empresas Aportantes a las Empresas Receptoras, de

acuerdo con lo establecido en el Reglamento del Mecanismo de Compensación para Sistemas Aislados, aprobado por D.S. N° 069-2008-EM, o sus modificatorias.

7.2 Para efecto de la transferencia al Ministerio de los recursos a que se refiere el literal e) del artículo 7 de la Ley provenientes del Impuesto a la Renta, el Ministerio dentro de los 3 (tres) primeros meses del año, informará a la Superintendencia Nacional de Administración Tributaria - SUNAT, respecto a las empresas generadoras, transmisoras y distribuidoras del sector eléctrico, que durante el ejercicio gravable del año anterior hayan realizado actividades.

La SUNAT, dentro de los 30 (treinta) días hábiles siguientes a la fecha del vencimiento del plazo para presentar la declaración y efectuar el pago de regularización del Impuesto a la Renta correspondiente al Ejercicio gravable del año anterior, informará a la Dirección Nacional de Tesoro Público del Ministerio de Economía y Finanzas respecto a los montos del Impuesto a la Renta pagados por dichas empresas que permitirán calcular los 4/30 (cuatro treintavos) de los ingresos obtenidos por concepto de Impuesto a la Renta, de acuerdo con lo establecido por el literal e) del artículo 7 de la Ley. En aquellas empresas que además de generar, transmitir y/o distribuir energía eléctrica, se dediquen a otras actividades productivas y/o extractivas, el Ministerio deberá determinar un factor a ser aplicado sobre el Impuesto a la Renta pagado por dichas empresas, que se obtendrá de la estructura de costos de la Estadística Anual Manufacturera del Ministerio de la Producción, el cual deberá ser informado a la SUNAT, para efectos de determinar el monto del Impuesto a la Renta pagado por dichas empresas que será utilizado para calcular los recursos a que se refiere el literal e) del artículo 7 de la Ley.

Determinados los recursos a que se refiere el literal e) del artículo 7 de la Ley, los mismos serán transferidos por la Dirección General de Tesoro Público del Ministerio de Economía y Finanzas al Ministerio, en seis cuotas, que se harán efectivas mensualmente entre los meses de junio a noviembre de cada año.

7.3 El aporte referido en el inciso h) del artículo 7 de la Ley, constituirá un cargo que las empresas eléctricas aplicarán en los recibos de los usuarios finales, libres y regulados, en función a su consumo mensual de energía. Las empresas eléctricas efectuarán la transferencia correspondiente dentro de los cuarenta (40) días posteriores a la recaudación mensual al Ministerio o a las Empresas Receptoras, en este último caso, de acuerdo con lo que establezca el Procedimiento de Aplicación del Mecanismo de Compensación para Sistemas Aislados que apruebe OSINERGMIN.

7.4 En lo que respecta a la transferencia de los recursos a los que se refiere el literal i) del Artículo 7 de la Ley, los saldos de balance de la Unidad Ejecutora 01 del Ministerio, serán transferidos anualmente a la DEP para su correspondiente incorporación en el presupuesto, en la oportunidad que se requiera. Dicha transferencia será realizada por la Unidad Ejecutora N° 01 del Ministerio, siempre

y cuando no afecte los compromisos institucionales ni el normal funcionamiento de la misma.

7.5 Los excedentes de los recursos financieros que se originen al cierre del ejercicio presupuestal, a excepción de los provenientes de la aplicación de los literales a), b), f), g) e i) del artículo 7 de la Ley, deberán ser considerados en el presupuesto del siguiente ejercicio.

Artículo 8 .- Destino y Administración

Los recursos destinados a la promoción de la inversión privada serán administrados por el MEM, de acuerdo a los requerimientos de la DGE. Para tal efecto, la DGE elaborará el respectivo presupuesto.

Artículo 9.- Recursos para Capacitación de Usos Productivos y Energías Renovables

Los recursos económicos para la educación y capacitación de los usuarios rurales, a fin de promover el uso productivo y eficiente de la electricidad, serán presupuestados por el MEM y utilizados directamente por sus Unidades Ejecutoras o a través de consultores especializados seleccionados por éstas. Para tal efecto, el MEM puede coordinar con las entidades del gobierno nacional encargadas de promover el desarrollo socioeconómico sostenible de las zonas rurales del país.

Los recursos económicos para los programas de desarrollo de uso productivo de la electricidad y el mejor aprovechamiento de los recursos renovables pueden ser asignados bajo la modalidad de concursos, los cuales serán conducidos por el MEM con la asesoría de entidades especializadas en la materia.

Podrán participar en estos concursos, tanto personas naturales como personas jurídicas con experiencia en actividades productivas.

Las bases de estos concursos serán aprobadas por el Vice Ministro de Energía del Ministerio. Los perfiles de precalificación, los montos de financiamiento y demás aspectos relacionados con los referidos programas se determinarán conforme a las bases.

TÍTULO IV

DESCENTRALIZACIÓN

Artículo 10.- Descentralización en materia de Electrificación Rural

En concordancia con el último párrafo del artículo 5 del Reglamento, a fin de lograr una efectiva descentralización en la elaboración de planes, proyectos y

ejecución de obras, el Ministerio a través de sus Unidades Ejecutoras, en coordinación con la Presidencia del Consejo de Ministros, desarrollará actividades de capacitación, talleres de trabajo y de asistencia técnica dirigidas a consolidar la capacidad de gestión de los Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales. El presupuesto correspondiente podrá ser financiado por la DEP y/o Gobiernos Regionales y/o Locales.

Las actividades de capacitación serán concordadas con los programas anuales de capacitación integral.

TÍTULO V

PLAN NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL - PNER

Artículo 11.- Calificación de los Sistemas Eléctricos Rurales

Se calificarán como SER los proyectos que cumplan con los criterios siguientes:

** Criterios Técnicos*

En la evaluación técnica es condición básica que el proyecto cumpla con las normas técnicas y de calidad aplicables a la electrificación rural, para satisfacer la proyección de la demanda durante un horizonte de veinte (20) años.

** Criterios Sociales*

La evaluación social se realizará considerando los precios sombra y que el proyecto cuente con un ratio beneficio/costo superior a la unidad para un horizonte de veinte (20) años.

** Criterios Económicos*

La evaluación económica del proyecto se realizará considerando los precios de mercado para todos sus componentes de costo, los ingresos vía tarifa incluyendo la recaudación directa de los usuarios y la parte correspondiente de la contribución del FOSE. Cuando corresponda, el subsidio se determinará utilizando la Tasa de Actualización establecida en el artículo 79 de la LCE.

Las ampliaciones de los Sistemas Eléctricos Rurales también serán objeto de calificación. ()*

(*) Artículo modificado por el [Artículo 1 del Decreto Supremo N° 042-2011-EM](#), publicado el 20 julio 2011, cuyo texto es el siguiente:

** Artículo 11.- Calificación de los Sistemas Eléctricos Rurales*

Gerencia Legal
Actualizado 28/09/2015
Fuente: SPIJ

La Dirección General de Electricidad efectúa la calificación de las instalaciones eléctricas y proyectos de instalaciones eléctricas como Sistemas Eléctricos Rurales, conforme al procedimiento aprobado para tal fin. Las ampliaciones de los Sistemas Eléctricos Rurales también son objeto de calificación.

11.1 El procedimiento debe considerar los siguientes criterios de evaluación:

a) Que las instalaciones eléctricas se ubican en una zona rural, localidad aislada o localidad de frontera;

b) Que la instalación o el proyecto cumple con las normas técnicas y de calidad aplicables a la electrificación rural y está dimensionada para satisfacer la proyección de la demanda del Servicio Público de Electricidad durante el horizonte de veinte (20) años;

c) Que la generación de energía eléctrica se realice con instalaciones con una potencia instalada sea igual o inferior a 1500 kW;

d) Que la transmisión de energía eléctrica se realice con instalaciones para un nivel de tensión igual o inferior a 66 kV; y,

e) Que la distribución de energía eléctrica, con carácter de Servicio Público de Electricidad, según lo definido en la Ley de Concesiones Eléctricas, se realice hasta una máxima demanda de 2000 kW y con redes de tensión igual o inferior a 33 kV. No se incluye como parte de la máxima demanda del Servicio Público de Electricidad las cargas de clientes mayores al límite establecido en el artículo 2 del Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.

11.2 Las consideraciones administrativas que el procedimiento debe incluir son las siguientes:

a) Ventanilla única de atención;

b) Plazos definidos para la DGE y para el recurrente;

c) Simplicidad del trámite administrativo;

d) Predictibilidad de resultado; y,

e) Derecho a la defensa del solicitante.”

Artículo 12.- Plan Nacional de Electrificación Rural - PNER

El PNER constituye un documento de gestión a largo plazo, con un horizonte de planeamiento de diez (10) años, que contiene las políticas, objetivos,

estrategias, metodologías, relación de proyectos y fuentes de financiamiento, para el desarrollo ordenado y priorizado de la electrificación rural en el largo plazo.

Asimismo, constituye un instrumento vinculante para la acción del Estado y para los inversionistas privados que requieran del subsidio para la ejecución de los Sistemas Eléctricos Rurales.

El PNER incluirá los proyectos calificados conforme al artículo anterior.

Artículo 13.- Criterios de prelación en el PNER

Los criterios para establecer la prelación de los Proyectos calificados en el PNER emanan de la política de electrificación rural.

Los criterios de prelación son los siguientes:

1. El menor coeficiente de electrificación rural de la provincia;
2. El mayor índice de pobreza del área geográfica donde se ubica el proyecto;
3. La menor proporción de Subsidio requerido por conexión domiciliaria del proyecto.
4. Mayor ratio de cantidad de nuevas conexiones domiciliarias por monto de inversión.
5. Utilización de energías renovables, en concordancia con el artículo 80 del Reglamento.

Artículo 14.- Objetivos

El PNER tiene los objetivos siguientes:

1. La ampliación de la frontera eléctrica mediante la ejecución de obras de los Sistemas Eléctricos Rurales, que utilicen tecnologías adecuadas que optimicen sus costos, a fin de lograr el mayor acceso de la población de las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país, al servicio eléctrico.
2. Proponer la ejecución de Sistemas Eléctricos Rurales de operación sostenible.
3. Impulsar mediante la electrificación rural, el desarrollo socio- económico sostenible de las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país, a fin de mejorar la calidad de vida de la población rural, fomentando la promoción de usos productivos de la energía.

ANEXO 10

**NORMA DGE
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO
Y SUS COMPONENTES PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL.
REGLAMENTO TECNICO – DIARIO EL PERUANO.**

12/02/2007.- R. D. N° 003-2007-EM-DGE.- Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural. (22/02/2007)

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 003-2007-EM/DGE

Lima, 12 de febrero de 2007

CONSIDERANDO:

Que, en el Artículo 1° de la Ley 28546, Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convencionales en Zonas Rurales Aisladas y de Frontera del País, publicada el 16 de junio de 2005, establece que dicha Ley tiene por objeto promover el uso de las energías renovables no convencionales para fines de electrificación, con el fin de contribuir al desarrollo integral de las zonas rurales, aisladas y de frontera del país, así como mejorar la calidad de vida de la población rural y proteger el medio ambiente;

Que, en el Artículo 9° de la Ley N° 28546, establece que los sistemas eléctricos a partir de la energía renovable no convencional deberán contar con normas estándares de diseño y construcción que se adecuen a las zonas rurales aisladas y de frontera del país;

Que, en el Artículo 2° de la Ley N° 28749, Ley General de Electrificación Rural, publicada el 1 de junio de 2006, se declara de necesidad nacional y utilidad pública la electrificación de las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país;

Que, la Primera Disposición Final de la Ley N° 28749, establece que se debe dar prioridad al aprovechamiento y desarrollo de los recursos energéticos renovables de origen solar, eólico, geotérmico, hidráulico y biomasa existentes en el territorio nacional, así como su empleo para el desarrollo sostenible en las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país;

Que, en el literal l) del Artículo 37° del Decreto Supremo N° 025-2003, Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas, establece que es función de la Dirección General de Electricidad fomentar el aprovechamiento y desarrollo sostenible de los recursos energéticos renovables y no renovables, el uso racional y eficiente de la energía y el desarrollo de nuevas tecnologías para su utilización en los proyectos de electrificación;

Que, es necesario mejorar y ampliar el alcance del Reglamento Técnico "Especificaciones Técnicas y Ensayos de los Componentes de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos hasta 500 Wp", aprobado mediante Resolución Directoral N° 030-2005-EM/DGE y publicada el 20 de mayo de 2005 en el Diario Oficial "El Peruano";

Que, la Dirección Ejecutiva de Proyectos ha propuesto la sustitución del Reglamento Técnico mencionado anteriormente por el Reglamento Técnico "Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes";

Que, en aplicación de lo dispuesto en la Resolución Ministerial N° 162-2001-EM/SG, el proyecto de la presente Resolución Directoral fue prepublicado en la página Web del Ministerio de Energía y Minas;

De conformidad con lo establecido en el Artículo 37° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas, aprobado por el Decreto Supremo N° 025-2003-EM;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Sustitúyase el Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Ensayos de los Componentes de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos hasta 500 Wp, por el Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus

Componentes para Electrificación Rural, cuyo texto forma parte integrante de la presente Resolución.

Artículo 2º.- La presente Resolución deberá ser publicada en el Diario Oficial "El Peruano" y en la página web del Ministerio de Energía y Minas: www.minem.gob.pe.

Artículo 3º.- La presente Resolución entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

JORGE AGUINAGA DÍAZ
Director General
Dirección General de Electricidad

**RESOLUCIÓN DIRECTORAL QUE SUSTITUYE
EL REGLAMENTO TÉCNICO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y ENSAYOS
DE LOS COMPONENTES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMÉSTICOS HASTA 500 Wp
POR EL REGLAMENTO TÉCNICO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS
DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO Y SUS COMPONENTES
PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL**

AYUDA MEMORIA

1. OBJETIVO

El presente proyecto de Reglamento Técnico establece las especificaciones técnicas y los procedimientos de evaluación que debe cumplir el Sistema Fotovoltaico (SFV) y sus componentes.

2. ANTECEDENTES

-El Artículo 1º de la Ley Nº 28546, Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convencionales en Zonas Rurales Aisladas y de Frontera del País, publicada el 16 de junio de 2005, establece que dicha Ley tiene por objeto promover el uso de las energías renovables no convencionales para fines de electrificación, con el fin de contribuir al desarrollo integral de las zonas rurales, aisladas y de frontera del país, así como mejorar la calidad de vida de la población rural y proteger el medio ambiente.

-El Artículo 9º de la Ley Nº 28546, establece que los sistemas eléctricos a partir de la energía renovable no convencional deberán contar con normas estándares de diseño y construcción que se adecuen a las zonas aisladas y de frontera del país.

-En el Artículo 2º de la Ley Nº 28749, Ley General de Electrificación Rural, publicada el 1 de junio de 2006, se declara de necesidad nacional y utilidad pública la electrificación de las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país.

-La Primera Disposición Final de la Ley Nº 28749, establece que se debe dar prioridad al aprovechamiento y desarrollo de los recursos energéticos renovables de origen solar, eólico, geotérmico, hidráulico y biomasa existentes en el territorio nacional, así como su empleo para el desarrollo sostenible en las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país.

-Mediante Resolución Directoral Nº 030-2005-EM/DGE, publicada el 20 de mayo de 2005, se aprobó el Reglamento Técnico "Especificaciones Técnicas y Ensayos de los componentes de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos hasta 500 Wp", propuesto por la Dirección Ejecutiva de Proyectos.

-Mediante el Memorándum Nº 264-06-MEM/DEP, la Dirección Ejecutiva de Proyectos propone la

sustitución del Reglamento Técnico "Especificaciones Técnicas y Ensayos de los componentes de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos hasta 500 Wp" por el Reglamento Técnico "Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes".

-El presente Proyecto de Reglamento Técnico estuvo prepublicado en la página web del Ministerio de Energía y Minas desde el 2 de noviembre al 1 de diciembre de 2006, sin recibir ninguna sugerencia o propuesta de modificación al proyecto publicado.

ASPECTOS GENERALES DEL REGLAMENTO TÉCNICO

-Las Especificaciones Técnicas contenidas en el presente Reglamento Técnico, describen las características mínimas que debe cumplir el Sistema Fotovoltaico (SFV) y sus componentes, así como los procedimientos para verificar el cumplimiento de éstos. Estas evaluaciones pueden ser realizadas por laboratorios nacionales que cuenten con Instrumentos de medición de uso común y dispositivos auxiliares de amplio uso (hornos, refrigeradoras, entre otros).

-Está referido al SFV y sus componentes: módulos fotovoltaicos cristalinos, controladores de carga, baterías de plomo-ácido, convertidores CC/CC, luminarias con fluorescente rectos o PL e Inversores CC/CA.

-El Reglamento que nos ocupa es de uso obligatorio para los proyectos de electrificación rural que se desarrollen en el marco de la Ley Nº 28749, Ley General de Electrificación Rural, y de la Ley Nº 28546, Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convendionales en Zonas Rurales, Aisladas y de Frontera del País, como los que ejecuta el Ministerio de Energía y Minas o en proyectos a cargo de otros sectores del Estado, donantes, Inversionistas, empresas privadas, organismos no gubernamentales, entre otros. En este sentido, se hace mención a las expresiones "Solicitado" y "Especificado" para referirse al valor o rango de valores que se indica en el Reglamento Técnico, términos de referencia, orden de compra, o similar.

-En general, los SFV son generalmente utilizados para la electrificación de viviendas y servicios comunales en zonas rurales (postas médicas, centros comunales, escuelas, entre otros), para atender demandas de electricidad en corriente continua - CC (TV en B/N, radios, entre otros) y/o demandas de electricidad en corriente alterna - CA (TV a color, reproductores de vídeo, conservadoras, pequeños motores, computadoras, entre otros).

-Toda vez que la mayoría de las Instalaciones de SFV se ejecutan a 12 VCC, se ha considerado conveniente usar esta tensión como referencia. En el caso que el sistema funcione a una tensión nominal diferente, se debe realizar las adecuaciones correspondientes a las tensiones colocadas en cada caso.

MEJORAS INCLUIDAS EN EL PRESENTE REGLAMENTO

El presente Reglamento Técnico, tiene las siguientes modificaciones y alcances:

-Se ha aumentado el alcance en potencia de los SFV, pudiendo éstos llegar hasta unos 2 000 Wp.

-Se ha incluido Especificaciones y procedimientos de evaluación del convertidor CC/CC.

-Se ha incluido Especificaciones y procedimientos de evaluación del Inversor CC/CA.

-Se ha incluido un nuevo procedimiento para la medida del controlador de carga.

-Se han mejorado las Especificaciones y procedimientos para la evaluación del sistema fotovoltaico, así como el procedimiento para la medida de la capacidad estabilizada de la batería.

**MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD**

REGLAMENTO TÉCNICO

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN
DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO Y SUS COMPONENTES
PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL**

Enero, 2007

INDICE

I.- OBJETIVO

II.- ALCANCES

III.- APLICACIONES

IV.- NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

V.- COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICO

VI.- INFORMACIÓN GENERAL

VII.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SFV Y SUS COMPONENTES

A. REQUISITOS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

1. Características generales
2. Características físicas
3. Protecciones
4. Características eléctricas

B. REQUISITOS DEL CONTROLADOR DE CARGA

1. Características generales
2. Características físicas
3. Características eléctricas
4. Funcionamiento en condiciones extremas de operación
5. Protecciones

C. REQUISITOS DE LA BATERÍA

1. Características generales
2. Características físicas
3. Características eléctricas

D. REQUISITOS DEL CONVERTIDOR CC/CC

1. Características generales
2. Características físicas
3. Características eléctricas
4. Funcionamiento en condiciones extremas de operación
5. Protecciones

FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DEL INVERSOR CC/CA

FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

REGlamento TÉCNICO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO Y SUS COMPONENTES PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL

I. OBJETIVO

El presente Reglamento establece las Especificaciones técnicas y los procedimientos de evaluación que debe cumplir el Sistema Fotovoltaico (SFV) y sus componentes.

II. ALCANCES

Las Especificaciones técnicas del presente Reglamento Técnico describen las características mínimas que deben cumplir el SFV y sus componentes, así como los procedimientos para verificar el cumplimiento de éstos. Estas evaluaciones pueden ser realizadas por laboratorios nacionales que cuenten con Instrumentos de medición de uso común y dispositivos auxiliares de amplio uso (hornos, refrigeradoras, entre otros).

III. APLICACIONES

El presente Reglamento Técnico se refiere al SFV y sus componentes: módulos fotovoltaicos cristalinos, controladores de carga, baterías de plomo-ácido, convertidores CC/CC, luminarias con fluorescente rectos o PL e Inversores CC/CA.

El presente Reglamento Técnico es de uso obligatorio para los Proyectos de Electrificación Rural que se desarrollen en el marco de la Ley 28749, Ley General de Electrificación Rural, y de la Ley 28545, Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convencionales en Zonas Rurales, Aisladas y de Frontera del País. En este sentido, en el presente Reglamento Técnico, se hace mención a las expresiones "Solicitado" y "Especificado" para referirse al valor o rango de valores que se indica en el Reglamento Técnico, términos de referencia, orden de compra, o similar.

En general, los SFV son generalmente utilizados para la electrificación de viviendas y servicios comunales (postas médicas, centros comunales, escuelas, entre otros) en zonas rurales; para atender demandas de electricidad en corriente continua - CC (TV en B/N, radios, entre otros) y/o demandas de electricidad en corriente alterna - CA (TV a color, reproductores de video, conservadoras, pequeños motores, computadoras, entre otros).

Toda vez que la mayoría de las instalaciones de SFV se ejecuten a 12 VCC, se ha considerado conveniente usar esta tensión como referencia para la elaboración del presente Reglamento Técnico. En el caso que el sistema funcione a una tensión nominal diferente, se debe realizar las adecuaciones correspondientes a las tensiones colocadas en cada caso.

IV. NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

A continuación se mencionan las principales normas y documentos de referencia que han sido consultados para la elaboración del presente Reglamento.

- IEC-61215. Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación de diseño y aprobación de tipo.

•IEEE-Standard 1262. Recommended Practices for Qualification of Photovoltaic (PV) modules, April, 1996.

•IEC 60529. Degrees of protection provided by enclosures (IP-code).

•DIN 40050. Road vehicles: degrees of protection (IP-code).

•IEC 60811 "Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos".

•Universal Technical Standard for Solar Home Systems. Thermie B SUP 995-96, EC-DGXVII, 1998.

•Programa Brasileiro de Etiquetagem. Teste operacional de disponibilidade energética de sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica. 2004.

•Salazar, Ivo. Procedimentos de qualificação e aceitação de componentes de sistemas fotovoltaicos domiciliares. Programa Interinidades de Pós-graduação em Energia. Universidade de São Paulo. 2004.

V. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Según la configuración, los SFV pueden estar compuestos por los siguientes componentes:

•Un generador fotovoltaico compuesto por uno o más módulos fotovoltaicos.

•Un soporte para el generador fotovoltaico.

•Un banco de baterías de plomo-ácido compuesto por una o más baterías.

•Uno o más controladores de carga.

•Un convertidor CC/CC.

•Un Inversor CC/CA.

•Luminaria en CC u otras cargas de consumo en CC o CA.

•Accesorios (cables, interruptores, cajas de conexión, tableros de conexión, caja de baterías, soporte de módulos, entre otros).

VI. INFORMACIÓN GENERAL

Las características del SFV y su funcionamiento dependen de las características del medio donde operará, del régimen de consumo eléctrico, entre otros. Por ello, a modo de orientación será importante, en primer lugar, definir las características climáticas y geográficas donde se instalará el sistema y, en segundo lugar, definir la capacidad del sistema y de cada uno de sus componentes.

En general, se sugiere que los SFV se destinen a lugares que tengan una climatología y geografía similar, a fin de especificar adecuadamente los SFV, sin necesidad de sobredimensionarlos y por ende obtener una reducción de costos. En el caso que se desconozca el lugar de destino final, debe tomarse en cuenta las condiciones extremas del área donde se intervendrá o en el caso extremo usar las siguientes condiciones generales:

•Irradiancia solar mínima mensual anual : $3,5 \text{ kWh/m}^2\text{-día}$

•Irradiancia solar instantánea máxima anual : 1.200 W/m^2

•Humedad relativa : 90 %

-
- Rango de temperaturas ambiente : -10 °C a 45 °C
 - Velocidad máxima del viento : 120 km/h
 - Altura : 5 000 m.s.n.m

A fin de poder realizar un control de las características generales del sistema durante la lectura del Reglamento Técnico, se recomienda llenar la ficha que aparece en la Tabla N° 1.

(Ver Tabla publicado en El Peruano del 22/02/2007, pág. 340176 - 340177)

VII. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SFV Y SUS COMPONENTES

Las Especificaciones referidas al SFV y sus componentes se han agrupado, principalmente, en cinco grupos genéricos:

-**Generales**, Especificaciones relacionadas con las informaciones técnicas que deben acompañar a cada componente.

-**Físicas**, Especificaciones destinadas a facilitar las actividades de instalación y mantenimiento, así como para garantizar un mínimo de acabado y las características específicas de los materiales usados en la fabricación de los componentes.

-**Eléctricas**, Especificaciones que procuran garantizar que los SFV y sus componentes funcionen adecuadamente por un tiempo determinado.

-**Funcionamiento en condiciones extremas de operación**, Especificaciones destinadas a garantizar el funcionamiento de los componentes en eventuales condiciones críticas.

-**Protecciones**, Especificaciones destinadas a proteger un componente, o más en casos fortuitos.

A. REQUISITOS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

1. Características generales

MFV-OG-1. Debe estar certificado de acuerdo a la norma Internacional IEC-61215 "Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación del diseño y aprobación de tipo", IEEE-1262 "Recommended Practice for Qualification of Photovoltaic (PV) Modules" o equivalente.

MFV-OG-2. Debe tener un certificado de garantía del fabricante sobre la potencia pico del módulo fotovoltaico. Debe indicarse en el certificado la marca, modelo y potencia pico del módulo y el tiempo de garantía.

MFV-OG-3. Debe estar acompañado, como mínimo, por su cartilla de Especificaciones técnicas, de uso, por las Curvas Corriente vs Tensión para 500, 600, 700, 800, 900 y 1000 W/m² de irradiancia solar, para temperaturas ambiente de 40 °C, 30 °C y 20 °C, y velocidad del viento de 1 m/s y la curva o factor de reducción de capacidad por envejecimiento.

MFV-OG-4. Debe estar debidamente etiquetado. La etiqueta debe estar pegada firmemente o impresa sobre la superficie inferior del módulo fotovoltaico. En ella debe constar: la marca, modelo, número de serie, denominación comercial (si tuviera), fecha de fabricación, tipo de módulo, tensión nominal, potencia máxima en watt pico (Wp) a CEM¹, temperatura normal de operación de la célula, tensión máxima en CEM, corriente máxima en CEM, tensión de circuito abierto en CEM, corriente de cortocircuito en CEM.

Jueves 22 de febrero de 2007



MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD

REGLAMENTO TÉCNICO

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y
PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN
DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO
Y SUS COMPONENTES PARA
ELECTRIFICACIÓN
RURAL**

Enero, 2007

NORMAS LEGALES

SEPARATA ESPECIAL

**RESOLUCIÓN DIRECTORAL
N° 003-2007-EM/DGE**

Lima, 12 de febrero de 2007

CONSIDERANDO

Que, en el Artículo 1° de la Ley 28546, Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convencionales en Zonas Rurales Aisladas y de Frontera del País, publicada el 16 de junio de 2005, establece que dicha Ley tiene por objeto promover el uso de las energías renovables no convencionales para fines de electrificación, con el fin de contribuir al desarrollo integral de las zonas rurales, aisladas y de frontera del país, así como mejorar la calidad de vida de la población rural y proteger el medio ambiente;

Que, en el Artículo 9° de la Ley N° 28546, establece que los sistemas eléctricos a partir de la energía renovable no convencional deberán contar con normas estándares de diseño y construcción que se adecuen a las zonas rurales aisladas y de frontera del país;

Que, en el Artículo 2° de la Ley N° 28740, Ley General de Electrificación Rural, publicada el 1 de junio de 2006, se declara de necesidad nacional y utilidad pública la electrificación de las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país;

Que, la Primera Disposición Final de la Ley N° 28740, establece que se debe dar prioridad al aprovechamiento y desarrollo de los recursos energéticos renovables de origen solar, eólico, geotérmico, hidráulico y biomasa existentes en el territorio nacional, así como su empleo para el desarrollo sostenible en las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país;

Que, en el literal i) del Artículo 37° del Decreto Supremo N° 025-2003, Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas, establece que es función de la Dirección General de Electricidad fomentar el aprovechamiento y desarrollo sostenible de los recursos energéticos renovables y no renovables, el uso racional y eficiente de la energía y el desarrollo de nuevas tecnologías para su utilización en los proyectos de electrificación;

Que, es necesario mejorar y ampliar el alcance del Reglamento Técnico "Especificaciones Técnicas y Ensayos de los Componentes de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos hasta 500 Wp", aprobado mediante Resolución Directoral N° 030-2005-EM/DGE y publicada el 20 de mayo de 2005 en el Diario Oficial "El Peruano";

Que, la Dirección Ejecutiva de Proyectos ha propuesto la sustitución del Reglamento Técnico mencionado anteriormente por el Reglamento Técnico "Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes";

Que, en aplicación de lo dispuesto en la Resolución Ministerial N° 163-2001-EM/SG, el proyecto de la presente Resolución Directoral fue prepublicado en la página Web del Ministerio de Energía y Minas;

De conformidad con lo establecido en el Artículo 37° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas, aprobado por el Decreto Supremo N° 025-2003-EM;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Sustitúyase el Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Ensayos de los Componentes de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos hasta 500 Wp, por el Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural, cuyo texto forma parte integrante de la presente Resolución.

Artículo 2°.- La presente Resolución deberá ser publicada en el Diario Oficial "El Peruano" y en la página web del Ministerio de Energía y Minas: www.minem.gob.pe

Artículo 3°.- La presente Resolución entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

JORGE AGUINAGA DÍAZ
Director General
Dirección General de Electricidad

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD

REGLAMENTO TÉCNICO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN
DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO Y SUS COMPONENTES
PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL

Enero, 2007

INDICE

I.- OBJETIVO	3. Características eléctricas
II.- ALCANCES	4. Funcionamiento en condiciones extremas de operación
III.- APLICACIONES	5. Protecciones
IV.- NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA	G. REQUISITOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO
V.- COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICO	1. Características generales
VI.- INFORMACIÓN GENERAL	2. Características físicas
VII.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SPV Y SUS COMPONENTES	3. Características eléctricas
A. REQUISITOS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO	4. Funcionamiento en condiciones extremas de operación
1. Características generales	5. Protecciones
2. Características físicas	VIII. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO DEL SPV Y SUS COMPONENTES
3. Protecciones	A. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO
4. Características eléctricas	1. Nomenclatura y definiciones
B. REQUISITOS DEL CONTROLADOR DE CARGA	2. Evaluaciones generales
1. Características generales	3. Evaluaciones físicas
2. Características físicas	4. Evaluaciones eléctricas
3. Características eléctricas	4.1. Banco de ensayo
4. Funcionamiento en condiciones extremas de operación	4.1.1. Instrumentos de medición
5. Protecciones	4.1.2. Dispositivos auxiliares
C. REQUISITOS DE LA BATERÍA	4.1.3. Condiciones generales de medición
1. Características generales	4.2. Parámetros eléctricos
2. Características físicas	4.2.1. Medición de la corriente de cortocircuito
3. Características eléctricas	4.2.1.1. Configuración del banco de ensayo
D. REQUISITOS DEL CONVERTIDOR CC/CC	4.2.1.2. Procedimiento
1. Características generales	4.2.2. Medición de la tensión de circuito abierto
2. Características físicas	4.2.2.1. Configuración del banco de ensayo
3. Características eléctricas	4.2.2.2. Procedimiento
4. Funcionamiento en condiciones extremas de operación	4.2.3. Evaluación de la potencia máxima
5. Protecciones	4.2.3.1. Configuración del banco de ensayo
E. REQUISITOS DE LA LUMINARIA EN CC	4.2.3.2. Procedimiento
1. Características generales	B. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL CONTROLADOR DE CARGA
2. Características físicas	1. Evaluaciones generales
3. Características eléctricas	2. Evaluaciones físicas
4. Características lumínicas	3. Evaluaciones eléctricas
5. Funcionamiento en condiciones extremas de funcionamiento	3.1. Banco de ensayo
6. Protecciones	
F. REQUISITOS DEL INVERSOR CC/CA	
1. Características generales	
2. Características físicas	

- 3.1.1. Instrumentos de medición
 - 3.1.2. Dispositivos auxiliares
 - 3.1.3. Condiciones generales de medición
 - 3.1.4. Configuración del banco de ensayo
- 3.2. Parámetros eléctricos
- 3.2.1. Medición de las tensiones de desconexión y reposición de carga del generador fotovoltaico
 - 3.2.2. Medición de las tensiones de desconexión y reposición del consumo
 - 3.2.3. Medición de la profundidad de descarga
 - 3.2.4. Medición de la caída de tensión
 - 3.2.5. Medición del autoconsumo
 - 3.2.6. Evaluaciones de las interferencias
- 3.3. Evaluación del funcionamiento en condiciones extremas de operación
- 3.4. Evaluaciones de las protecciones
- C. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE LA BATERÍA**
- 1. Evaluaciones generales
 - 2. Evaluaciones físicas
 - 3. Evaluaciones eléctricas
- 3.1. Banco de ensayo
- 3.1.1. Instrumentos de medición
 - 3.1.2. Dispositivos auxiliares
 - 3.1.3. Condiciones generales de medición
 - 3.1.4. Configuración del banco de ensayo
- 3.2. Parámetros eléctricos
- 3.2.1. Medición de la carga inicial
 - 3.2.2. Medición de la capacidad estabilizada de la batería
 - 3.2.3. Medición de la autodescarga
- D. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL CONVERTIDOR CC/CC**
- 1. Evaluaciones generales
 - 2. Evaluaciones físicas
 - 3. Evaluaciones eléctricas
- 3.1. Banco de ensayo
- 3.1.1. Instrumentos de medición
 - 3.1.2. Dispositivos auxiliares
 - 3.1.3. Condiciones generales de medición
 - 3.1.4. Configuración del banco de ensayo
- 3.2. Parámetros eléctricos
4. Evaluación de las protecciones
- E. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE LA LUMINARIA EN CC**
- 1. Evaluaciones generales
 - 2. Evaluaciones físicas
 - 3. Evaluaciones eléctricas
- 3.1. Banco de ensayo
- 3.1.1. Instrumentos de medición
 - 3.1.2. Dispositivos auxiliares
 - 3.1.3. Condiciones generales de medición
- 3.2. Parámetros eléctricos
- 3.3. Cálculo
- 3.3.1. Banco de ensayo
 - 3.3.1.1. Instrumentos de medición
 - 3.3.1.2. Dispositivos auxiliares
 - 3.3.1.3. Configuración del banco de ensayo
 - 3.3.2. Temperatura de las lámparas
 - 3.3.3. Tiempos predeterminados
- 3.4. Evaluación del flujo luminoso

- 3.4.1. Banco de ensayo
 - 3.4.1.1. Instrumentos de medición
 - 3.4.1.2. Dispositivos auxiliares
 - 3.4.1.3. Configuración del banco de ensayo
 - 3.5. Condiciones extremas de funcionamiento
 - 3.6. Interferencia
 - 3.7. Protección
- F. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DEL INVERSOR CC/CA**
- 1. Evaluaciones generales
 - 2. Evaluaciones físicas
 - 3. Evaluaciones eléctricas
- 3.1. Banco de ensayo
- 3.1.1. Instrumentos de medición
 - 3.1.2. Dispositivos auxiliares
 - 3.1.3. Condiciones generales de medición
 - 3.1.4. Configuración del banco de ensayo
- 3.2. Parámetros eléctricos
- 3.2.1. Medición de la eficiencia, distorsión armónica total, variación de la frecuencia y tensión de salida CA, tensiones de desconexión y reposición de las cargas y autoconsumo
 - 3.2.2. Evaluación de la compatibilidad de las cargas
 - 3.2.3. Evaluación de la sobrecorriente
 - 3.2.4. Evaluación de las interferencias
4. Evaluaciones de las protecciones
5. Evaluación del funcionamiento del Inversor en condiciones extremas de operación
- G. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**
- 1. Evaluaciones generales
 - 2. Evaluaciones físicas
 - 3. Evaluaciones eléctricas
- 3.1. Banco de ensayo
- 3.1.1. Instrumentos de medición
 - 3.1.2. Dispositivos auxiliares
 - 3.1.3. Condiciones generales de medición
 - 3.1.4. Configuración del banco de ensayo
- 3.2. Evaluación del SPV
- 3.3. Evaluación de las lámparas incandescentes
- 3.4. Evaluación del funcionamiento de los componentes y accesorios
- 3.5. Evaluación de interruptores
- 3.6. Evaluación de cables
4. Evaluación de protecciones

ANEXO INFORME DE EVALUACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO Y SUS COMPONENTES

FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DEL CONTROLADOR DE CARGA

FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE LA BATERÍA

FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DEL CONVERTIDOR CC/CC

FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE LA LUMINARIA

FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DEL INVERSOR CC/CA

FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

REGLAMENTO TÉCNICO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO Y SUS COMPONENTES PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL

I. OBJETIVO

El presente Reglamento establece las especificaciones técnicas y los procedimientos de evaluación que debe cumplir el Sistema Fotovoltaico (SPV) y sus componentes.

II. ALCANCES

Las especificaciones técnicas del presente Reglamento Técnico describen las características mínimas que deben cumplir el SPV y sus componentes, así como los procedimientos para verificar el cumplimiento de éstos. Estas evaluaciones pueden ser realizadas por laboratorios nacionales que cuenten con instrumentos de medición de uso común y dispositivos auxiliares de amplio uso (hornos, refrigeradores, entre otros).

III. APLICACIONES

El presente Reglamento Técnico se refiere al SPV y sus componentes: módulos fotovoltaicos cristalinos, controladores de carga, baterías de plomo-ácido, convertidores CC/CC, luminarias con fluorescente recto o PL e Inversores CC/CA.

El presente Reglamento Técnico es de uso obligatorio para los Proyectos de Electrificación Rural que se desarrollen en el marco de la Ley 28740, Ley General de Electrificación Rural, y de la Ley 28546, Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convencionales en Zonas Rurales, Aisladas y de Frontera del País. En este sentido, en el presente Reglamento Técnico, se hace mención a las expresiones "Solicitado" y "Especificado" para referirse al valor o rango de valores que se indica en el Reglamento Técnico, términos de referencia, orden de compra, o similar.

En general, los SPV son generalmente utilizados para la electrificación de viviendas y servicios comunales (postes médicas, centros comunales, escuelas, entre otros) en zonas rurales; para atender demandas de electricidad en corriente continua - CC (TV en B/N, radios, entre otros) y/o demandas de electricidad en corriente alterna - CA (TV a color, reproductores de video, conservadores, pequeños motores, computadoras, entre otros).

Toda vez que la mayoría de las instalaciones de SPV se ejecutan a 12 VCC, se ha considerado conveniente usar esta tensión como referencia para la elaboración del presente Reglamento Técnico. En el caso que el sistema funcione a una tensión nominal diferente, se debe realizar las adecuaciones correspondientes a las tensiones colocadas en cada caso.

IV. NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

A continuación se mencionan las principales normas y documentos de referencia que han sido consultados para la elaboración del presente Reglamento.

- IEC-61215. Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación de diseño y aprobación de tipo.
- IEEE-Standard 1262. Recommended Practices for Qualification of Photovoltaic (PV) modules, April, 1998.
- IEC 60529. Degrees of protection provided by enclosures (IP-code).
- DIN 40050. Road vehicles: degrees of protection (IP-code).
- IEC 60811 "Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos".

- Universal Technical Standard for Solar Home Systems. Theme B SUP 005-08, EC-DGXVI, 1998.
- Programa Brasileiro de Etiquetagem. Teste operacional de disponibilidade energética de sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica. 2004.
- Salazar, Ivo. Procedimentos de qualificação e aceitação de componentes de sistemas fotovoltaicos domiciliares. Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia. Universidade de São Paulo. 2004.

V. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Según la configuración, los SPV pueden estar compuestos por los siguientes componentes:

- Un generador fotovoltaico compuesto por uno o más módulos fotovoltaicos.
- Un soporte para el generador fotovoltaico.
- Un banco de baterías de plomo-ácido compuesto por una o más baterías.
- Uno o más controladores de carga.
- Un convertidor CC/CC.
- Un inversor CC/CA.
- Luminaria en CC u otras cargas de consumo en CC o CA.
- Accesorios (cables, interruptores, cajas de conexión, tableros de conexión, caja de baterías, soporte de módulos, entre otros).

VI. INFORMACIÓN GENERAL

Las características del SPV y su funcionamiento dependen de las características del medio donde operará, del régimen de consumo eléctrico, entre otros. Por ello, a modo de orientación será importante, en primer lugar, definir las características climáticas y geográficas donde se instalará el sistema y, en segundo lugar, definir la capacidad del sistema y de cada uno de sus componentes.

En general, se sugiere que los SPV se destinen a lugares que tengan una climatología y geografía similar, a fin de especificar adecuadamente los SPV, sin necesidad de sobredimensionarlos y por ende obtener una reducción de costos. En el caso que se desconozca el lugar de destino final, debe tomarse en cuenta las condiciones extremas del área donde se intervendrá o en el caso extremo usar las siguientes condiciones generales:

- Irradiancia solar mínima mensual anual : 3,5 kWh/m²-día
- Irradiancia solar instantánea máxima anual : 1 200 W/m²
- Humedad relativa : 90 %
- Rango de temperaturas ambiente : -10 °C a 45 °C
- Velocidad máxima del viento : 120 km/h
- Altura : 5 000 m.s.n.m

A fin de poder realizar un control de las características generales del sistema durante la lectura del Reglamento Técnico, se recomienda llenar la ficha que aparece en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1. Características Generales del Sistema Fotovoltaico y del Medio

Descripción	CARGA				Observaciones
	Potencia nominal (W)	Cantidad (Unid.)	Modo de funcionamiento	Consumo nominal (CC o CA)	
Luminaria				CC	
Carga 1					
Carga 2					
Carga N°					

REGlamento TÉCNICO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO Y SUS COMPONENTES PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL

I. OBJETIVO

El presente Reglamento establece las especificaciones técnicas y los procedimientos de evaluación que debe cumplir el Sistema Fotovoltaico (SPV) y sus componentes.

II. ALCANCES

Las especificaciones técnicas del presente Reglamento Técnico describen las características mínimas que deben cumplir el SPV y sus componentes, así como los procedimientos para verificar el cumplimiento de éstos. Estas evaluaciones pueden ser realizadas por laboratorios nacionales que cuenten con instrumentos de medición de uso común y dispositivos auxiliares de amplio uso (hornos, refrigeradores, entre otros).

III. APLICACIONES

El presente Reglamento Técnico se refiere al SPV y sus componentes: módulos fotovoltaicos cristalinos, controladores de carga, baterías de plomo-ácido, convertidores CC/CC, luminarias con fluorescente recto o PL e inversores CC/CA.

El presente Reglamento Técnico es de uso obligatorio para los Proyectos de Electrificación Rural que se desarrollen en el marco de la Ley 28749, Ley General de Electrificación Rural, y de la Ley 28548, Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convencionales en Zonas Rurales, Aisladas y de Frontera del País. En este sentido, en el presente Reglamento Técnico, se hace mención a las expresiones "Solicitado" y "Especificado" para referirse al valor o rango de valores que se indica en el Reglamento Técnico, términos de referencia, orden de compra, o similar.

En general, los SPV son generalmente utilizados para la electrificación de viviendas y servicios comunales (postas médicas, centros comunales, escuelas, entre otros) en zonas rurales; para atender demandas de electricidad en corriente continua - CC (TV en B/N, radios, entre otros) y/o demandas de electricidad en corriente alterna - CA (TV a color, reproductores de video, conservadoras, pequeños motores, computadoras, entre otros).

Toda vez que la mayoría de las instalaciones de SPV se ejecuten a 12 VCC, se ha considerado conveniente usar esta tensión como referencia para la elaboración del presente Reglamento Técnico. En el caso que el sistema funcione a una tensión nominal diferente, se debe realizar las adecuaciones correspondientes a las tensiones colocadas en cada caso.

IV. NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

A continuación se mencionan las principales normas y documentos de referencia que han sido consultados para la elaboración del presente Reglamento.

- IEC-61215. Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación de diseño y aprobación de tipo.
- IEEE-Standard 1262. Recommended Practices for Qualification of Photovoltaic (PV) modules, April, 1998.
- IEC 60529. Degree of protection provided by enclosures (IP-code).
- DIN 40050. Road vehicles: degree of protection (IP-code).
- IEC 60811 "Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos".

- Universal Technical Standard for Solar Home Systems. Theme B SUP 905-98, EC-DGXVI, 1998.
- Programa Brasileiro de Esquetagem. Teste operacional de disponibilidade energética de sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica. 2004.
- Salazar, Ivo. Procedimentos de qualificação e aceitação de componentes de sistemas fotovoltaicos domiciliares. Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia. Universidade de São Paulo. 2004.

V. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Según la configuración, los SPV pueden estar compuestos por los siguientes componentes:

- Un generador fotovoltaico compuesto por uno o más módulos fotovoltaicos.
- Un soporte para el generador fotovoltaico.
- Un banco de baterías de plomo-ácido compuesto por una o más baterías.
- Uno o más controladores de carga.
- Un convertidor CC/CC.
- Un inversor CC/CA.
- Luminaria en CC u otras cargas de consumo en CC o CA.
- Accesorios (cables, interruptores, cajas de conexión, taberos de conexión, caja de baterías, soporte de módulos, entre otros).

VI. INFORMACIÓN GENERAL

Las características del SPV y su funcionamiento dependen de las características del medio donde operará, del régimen de consumo eléctrico, entre otros. Por ello, a modo de orientación será importante, en primer lugar, definir las características climáticas y geográficas donde se instalará el sistema y, en segundo lugar, definir la capacidad del sistema y de cada uno de sus componentes.

En general, se sugiere que los SPV se destinen a lugares que tengan una climatología y geografía similar, a fin de especificar adecuadamente los SPV, sin necesidad de sobredimensionarlos y por ende obtener una reducción de costos. En el caso que se desconozca el lugar de destino final, debe tomarse en cuenta las condiciones extremas del área donde se intervendrá o en el caso extremo usar las siguientes condiciones generales:

- Irradiación solar mínima mensual anual : 3,5 kWh/m²-da
- Irradiación solar instantánea máxima anual : 1 200 W/m²
- Humedad relativa : 90 %
- Rango de temperatura ambiente : -10 °C a 45 °C
- Velocidad máxima del viento : 120 km/h
- Altura : 5 000 m.s.n.m

A fin de poder realizar un control de las características generales del sistema durante la lectura del Reglamento Técnico, se recomienda llenar la ficha que aparece en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1. Características Generales del Sistema Fotovoltaico y del Medio

Descripción	CONDICIONES			
	Tensión nominal (V)	Capacidad (kWh)	Modo de funcionamiento	Control de carga (CC o CA)
Características				CC
Carga 1				
Carga 2				
Carga 3				
Carga 4				

SFV					
Descripción	Capacidad nominal	Unidad	Cantidad	Tamaño nominal	Dimensiones
Módulo PV					
Cantidad de cable					
Batería					
Controlador CC/CC					
Inversor CC/CA					
MCCO					
Descripción					
Indicador solar mínimo					
Indicador solar máximo ¹ (h/día)					
Indicador solar máximo anual					
Temperatura máxima (°C)					
Temperatura mínima (°C)					
Humedad máxima (relativa %)					
Módulo (metros)					

VI. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SFV Y SUS COMPONENTES

Las especificaciones referidas al SFV y sus componentes se han agrupado, principalmente, en cinco grupos genéricos:

- **Generales**, especificaciones relacionadas con las informaciones técnicas que deben acompañar a cada componente.
- **Físicas**, especificaciones destinadas a facilitar las actividades de instalación y mantenimiento, así como para garantizar un mínimo de acabado y las características específicas de los materiales usados en la fabricación de los componentes.
- **Eléctricas**, especificaciones que procuren garantizar que los SFV y sus componentes funcionen adecuadamente por un tiempo determinado.
- **Funcionamiento en condiciones extremas de operación**, especificaciones destinadas a garantizar el funcionamiento de los componentes en eventuales condiciones críticas.
- **Protecciones**, especificaciones destinadas a proteger un componente, o más en casos fortuitos.

A. REQUISITOS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

1. Características generales

- MFV-CG-1.** Debe estar certificado de acuerdo a la norma internacional IEC-61215 "Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación del diseño y aprobación de tipo", IEEE-1262 "Recommended Practice for Qualification of Photovoltaic (PV) Modules" o equivalente.
- MFV-CG-2.** Debe tener un certificado de garantía del fabricante sobre la potencia pico del módulo fotovoltaico. Debe indicarse en el certificado la marca, modelo y potencia pico del módulo y el tiempo de garantía.
- MFV-CG-3.** Debe estar acompañado, como mínimo, por su cartilla de especificaciones técnicas, de uso, por las Curvas Corriente vs Tensión para 500, 600, 700, 800, 900 y 1000 W/m² de irradiancia solar, para temperaturas ambiente de 40 °C, 30 °C y 20 °C, y velocidad del viento de 1 m/s y la curva o factor de reducción de capacidad por envejecimiento.
- MFV-CG-4.** Debe estar debidamente etiquetado. La etiqueta debe estar pegada firmemente o impresa sobre la superficie inferior del módulo fotovoltaico. En ella debe constar: la marca, modelo, número de serie, denominación comercial (si tuviera), fecha de fabricación, tipo de

módulo, tensión nominal, potencia máxima en watt pico (Wp) a CEM¹, temperatura normal de operación de la célula, tensión máxima en CEM, corriente máxima en CEM, tensión de circuito abierto en CEM, corriente de cortocircuito en CEM.

2. Características físicas

- MFV-CF-1.** Tener un mínimo de 33 células fotovoltaicas, si el módulo se instala en localidades de la sierra y 36 células fotovoltaicas, si el módulo se instala en localidades de la costa o amazonía.
- MFV-CF-3.** En el caso que el módulo fotovoltaico cuente con un marco, este debe ser de aluminio anodizado y rígido. La fijación del módulo fotovoltaico a su soporte sólo podrá realizarse mediante elementos mecánicos (tornillos, tuercas, arandelas, etc.).
- MFV-CF-4.** Verificar que no se presenten en el módulo fotovoltaico los siguientes defectos visibles:
- Células rotas o agrietadas.
 - Células desalineadas.
 - Restos notables de la metalización en la cara frontal de las células.
 - Impurezas en el laminado.
 - Burbujas en el encapsulado.
 - Rotura del vidrio frontal.
 - Rotura de la cinta de conexión.
 - Illegibilidad o borrado de la etiqueta.
 - Módulo sucio con manchas de silicona o encapsulante.
 - Techar dañado o perforado.
 - Caja de conexiones rota o con desprendimiento total o parcial.
 - Intenidencias en la unión entre el marco de aluminio anodizado y el módulo fotovoltaico, donde puedan ingresar agua o elementos extraños.

3. Protecciones

- MFV-P-1.** La caja de conexión debe estar firmemente unida al módulo y contar con dos diodos de "by pass". Las entradas y salidas de los cables deben estar provistos con prensaestopos para lograr una efectiva hermeticidad. El índice de protección (IP) mínimo, luego de instalados los cables y prensaestopos correspondientes, debe ser IP54.
- MFV-P-2.** Los módulos fotovoltaicos deben tener dos diodos de "by pass".

4. Características eléctricas

- MFV-CE-1.** La potencia pico (Wp) del módulo fotovoltaico debe ser declarado en CEM.
- MFV-CE-2.** La potencia pico (Wp) del módulo fotovoltaico después de 20 años de operación, no debe ser inferior al 20 % de su potencia inicial.

¹ Condición Estándar de Medida: Irradiancia solar de 1 000 W/m², temperatura de célula de 25 °C y masa de aire AM 1.5

MFV-CE-3. La tensión del punto de máxima potencia del generador fotovoltaico, a una temperatura ambiente igual a la máxima anual del lugar y a una irradiancia de 800 W/m^2 , $V_{mp}(T_{amb})$ debe estar comprendida en el rango de 14,5 V a 15,0 V.

B. REQUISITOS DEL CONTROLADOR DE CARGA

1. Características generales

C-CG-1. Debe estar debidamente etiquetado, con indicaciones mínimas como el nombre del fabricante, modelo, número de serie, denominación comercial (si tuviera), capacidad en amperes del lado del generador fotovoltaico y del consumo y la tensión nominal de operación.

C-CG-2. Debe estar acompañado por la siguiente documentación: cartilla de especificaciones técnicas (las presentadas en la etiqueta, las tensiones de desconexión y reposición de carga del generador fotovoltaico, las tensiones de desconexión y reposición del consumo, el factor de corrección de tensión por temperatura, diagrama eléctrico especificando claramente las polaridades y los terminales correspondientes a cada componente, tipo de controlador y explicación detallada de la información visual que entrega el controlador), de instalación, de operación y mantenimiento, de seguridad personal y los certificados de garantía solicitados.

C-CG-3. Debe funcionar bajo las condiciones climáticas y geográficas de la región donde será instalado el SPV sin presentar ninguna deficiencia de funcionamiento. Las características técnicas del controlador en esas condiciones deben ser iguales o superiores a las solicitadas.

C-CG-4. La vida útil del controlador no debe ser menor a 10 años.

2. Características físicas

C-CF-1. La superficie del controlador de carga debe ser de material inoxidable o, en su defecto, anodizado y pintado al horno, con doble base anticorrosiva (apóxica) o similar.

C-CF-2. Los terminales del controlador deben ser de fácil acceso, estar claramente indicados sus polaridades y el componente a ser conectado. Esta señalización debe ser concordante con la presentada en el diagrama eléctrico.

C-CF-3. El fusible debe ser fácilmente cambiable, sin requerir el uso de herramientas y sin necesidad de destapar el controlador. El postafusible debe estar firmemente unido al controlador, permitir el acceso con facilidad al fusible, su posición debe estar claramente identificada, así como, su capacidad en amperes.

C-CF-4. Todos los terminales, tuercas, arandelas y demás elementos accesorios deben ser de material inoxidable.

3. Características eléctricas

C-CE-1. La "Tensión de desconexión del consumo" debe corresponder al valor de la profundidad de descarga máxima (PD_{max}) y la tasa de descarga

especificada. La PD_{max} no debe exceder los valores que figuran en la siguiente tabla:

Tipo de Batería	PD_{max} (%)
Tubular	30
SLI:	
- Clásica	40
- Modificada	50
- Bajo mantenimiento	20

C-CE-2. La "tensión de reposición del consumo" debe ser 0,8 V a 1 V superior a la "tensión de desconexión del consumo".

C-CE-3. La "tensión de alarma por proximidad de desconexión del consumo" no debe ser mayor a 0,5 V ni menor a 0,2 V en relación a la "tensión de desconexión del consumo".

C-CE-4. La "tensión de desconexión de carga" para los controladores de carga tipo on/off debe estar en el rango de 14,2 V y 14,5 V a 25 °C, y para el tipo PWM en el rango de 13,8 V y 14,1 V a 25 °C.

C-CE-5. La "tensión de reposición de carga" para los controladores on/off debe ser 0,8 V a 1 V menor a la "Tensión de desconexión de carga", si el controlador usa relés electromecánicos, la reposición de las cargas debe ser realizada solamente después de transcurrido, por lo menos, 1 minuto.

C-CE-6. Las tensiones no deben modificarse en más de 1 % producto de la variación de la corriente.

C-CE-7. Las caídas internas de tensión entre cualquiera de los terminales del controlador deben ser de 4 %, como máximo, para cualquier condición de funcionamiento solicitado.

C-CE-8. El autoconsumo del controlador en cualquier condición climática, geográfica y de funcionamiento solicitado no debe exceder el dos por mil (2 %) de su capacidad nominal de carga (lado del generador fotovoltaico) en amperes.

C-CE-9. Debe contar con un dispositivo automático para cambiar las tensiones de desconexión y la reposición de carga, producto del cambio de la temperatura ambiente. El factor de corrección debe estar entre -18 mV/°C y -30 mV/°C. En ningún caso el controlador debe hacer esta corrección para las tensiones asociadas al consumo.

C-CE-10. No debe producir ruido o interferencias en otros componentes, en las cargas de consumo, especialmente en aparatos de recepción o emisión de señales a una distancia de más de 50 cm.

C-CE-11. Debe ser automático. Opcionalmente el dispositivo de información visual podrá ser apagado o encendido manualmente. La información mínima proporcionada por el controlador debe ser la siguiente:

- indicación de entrega de corriente por el generador fotovoltaico
- estado de carga referencial de la batería
- alarma por proximidad de desconexión del consumo
- alarma por desconexión del consumo

