

SISTEMAS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS EN LA ZONA ALTOANDINA DE LA REGIÓN TACNA

Carlos Polo Bravo / Hugo A. Torres Muro
Centro de Energías Renovables de Tacna (CERT) - Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann
polobravo@Yahoo.es / hugotorres@hotmail.com

TACNA - PERÚ.-

1. RESUMEN:

En el presente trabajo se da a conocer lo referente a la implementación del Proyecto: ELECTRIFICACIÓN RURAL CON PANELES SOLARES, que FONCODES Tacna en convenio con el Gobierno Regional Tacna (GRT), han desarrollado en la zona altoandina de mayor pobreza de la región Tacna, durante los años 2007 y 2008; asimismo de los proyectos desarrollados por algunas Municipalidades Distritales de la zona a solicitud de los usuarios. Los pobladores de dichas zonas están agrupados bajo el sistema de NÚCLEOS EJECUTORES, quienes se encargan de determinar a la empresa proveedora de los equipos y componentes, del pago correspondiente, y de la supervisión y conformidad del proyecto.

Se han instalado entre el año 2007 y 2008 dos tipos de sistemas fotovoltaicos, para electrificación domiciliar: 457 sistemas, y 20 para electrificación de Centros Educativos y Puestos Policiales denominados de carga especial, con una potencia instalada total de 30,867 Kw. En ambos sistemas se han instalado lámparas de iluminación tipo CFL (lámparas compactas fluorescentes), y de última generación tipo LEDs (focos de diodos de emisión de luz) y LVD (lámparas de inducción magnética).

Considerando que la zona ámbito del proyecto se ubica por encima de los 40000 msnm, y es frecuente fenómenos eléctricos naturales, como los truenos, rayos, relámpagos; que en ciertas ocasiones han matado a personas y animales, y destruido algunas viviendas, en el diseño de los sistemas indicados se han considerado la instalación de pozo a tierra en cada domicilio, y la de pozo a tierra y sistema pararrayos tetrapuntal Tipo Franklin para los sistemas de carga especial, como sistemas de seguridad eléctrica.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

En los primeros meses del año 2007 y el 2008 el Gobierno Regional de Tacna (GRT) y el Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES Tacna) firman un convenio de Cooperación con la finalidad de implementar Proyectos de Infraestructura Social y Productiva considerados en el marco del Presupuesto Participativo Regional y en el Plan de Desarrollo Regional Concertado, de acuerdo a las Normas Legales vigentes y contando con la participación de los Núcleos Ejecutores de la región para el financiamiento de la ejecución de proyectos previamente seleccionados para el 2008, de esta forma nace el Proyecto de Electrificación Rural Fotovoltaica para la Zona Alto andina de Tacna, el cual fue elaborado por el personal técnico de FONCODES y a través de Licitaciones Públicas se adjudicaron a empresas nacionales proveedoras e instaladoras de sistemas fotovoltaicos.

Los Núcleos Ejecutores, representan a personas de una localidad determinada de la región que tienen un problema en común y que para solucionarlo requieren el apoyo del gobierno provincial, regional y nacional. Están constituidas por una Junta Directiva compuesta de un Presidente, Secretario, Tesorero, y un vocal, previa elección entre los miembros de

la comunidad; las funciones son la de gestionar ante FONCODES la implementación de un determinado proyecto en función a su realidad socio económicas y necesidad de desarrollo, manejar el dinero asignado al proyecto aprobado, determinar a la empresa ganadora de la licitación, realizar los pagos por los servicios correspondientes, monitorear y supervisar el proyecto, dar la conformidad final de las obras ejecutadas, finalmente informar a FONCODES.

A continuación se detallan los NUCLEOS EJECUTORES y otras instituciones las cuales han instalados sistemas fotovoltaicos en la zona altoandina de la región Tacna, en el periodo 2007 y 2008.

NÚCLEO EJECUTOR N° 1:

Localidad : Coracorani, Aychuta, Chiluyo Grande, Chiluyo Norte, GRT-BID III
Provincia : Tarata
Distrito : Tarata
Región : Tacna
N° de beneficiarios con sistemas domiciliarios : 64
N° de sistemas de carga especial : 03 para Instituciones Educativas
Año de ejecución : 2007

NÚCLEO EJECUTOR N° 2:

Localidad : Challapalca, Mamuta, Conchachiri, Chiluyo Chico, GRT-BID III
Provincia : Tarata
Distrito : Susapaya
Región : Tacna
N° de beneficiario con sistemas domiciliarios : 64
N° de sistemas de carga especial : 03 para Instituciones Educativas, 02 especiales con sistema de protección de pararrayos tipo Franklin
Año de ejecución : 2007

NÚCLEO EJECUTOR N° 3:

Localidad : Tacalaya, Calachulpani-Vilatavira, Calientes, Japopunco, GRT-BID III
Provincia : Candarave
Distrito : Candarave
Región : Tacna
N° de beneficiarios con sistemas domiciliarios : 63
N° de sistemas de carga especial : 03 para Instituciones Educativas
Año de ejecución : 2007

NÚCLEO EJECUTOR N° 4:

Localidad : Cano, Vilacota, Tacjata, Quiulliri, GRT-BID III
Provincia : Tarata
Distrito : Susapaya
Región : Tacna
N° de beneficiarios con sistemas domiciliarios : 63
N° de sistemas de carga especial : 03 para Instituciones Educativas
Año de ejecución : 2007

NÚCLEO EJECUTOR N° 5:

Localidad : Pampa Huyuni, Chachacomani, Collpa y Anexos, GR - BID III
Provincia : Tarata
Distrito : Palca
Región : Tacna
N° de beneficiarios con sistemas domiciliarios : 63
N° de sistemas de carga especial : 02 para Institución Educativa y Puesto Policial, con protección de pararrayos tipo Franklin
Año de ejecución : 2008

NÚCLEO EJECUTOR N° 6:

Localidad : Mocomoconi, Ancomarca y anexos, GR- BID III
Provincia : Tacna
Distrito : Palca
Región : Tacna
Nº de beneficiarios con sistemas domiciliarios : 58
Nº de sistemas de carga especial : 04 para Instituciones Educativas, con protección de pararrayos tipo Franklin
Año de ejecución : 2008

NÚCLEO EJECUTOR Nº 7:

Localidad : San Lorenzo, Turunturu / Mamaraya y Anexos, GR- BID III
Provincia : Candarave / Tarata
Distrito : Candarave / Susapaya
Región : Tacna
Nº de beneficiarios con sistemas domiciliarios : 56
Nº de sistemas de carga especial : 02 para Institución Educativa, con protección de pararrayos tipo Franklin
Año de ejecución : 2008

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PALCA

Localidad : Paucarani, Kaño. Ancomarca, otros
Provincia : Tacna
Distrito : Palca
Región : Tacna
Nº de beneficiarios con sistemas domiciliarios : 13
Año de ejecución : 2007

COMUNIDAD CAMPESINA DE KOVIRE

Localidad : Kovire
Provincia : Tarata
Distrito : Susapaya
Nº de beneficiarios con sistemas domiciliarios : 13
Año de ejecución : 2008

En dichas zonas se han instalado, básicamente dos tipos de sistemas fotovoltaicos denominados: Sistemas Fotovoltaicos para Electrificación Domiciliaria (SFVED), y el Sistema Fotovoltaico para Cargas Especiales (SFVCE) para Centros Educativos y Puestos Policiales, constituido por lámparas de iluminación y un sistema audiovisual compuesto por un TV a color y un DVD.

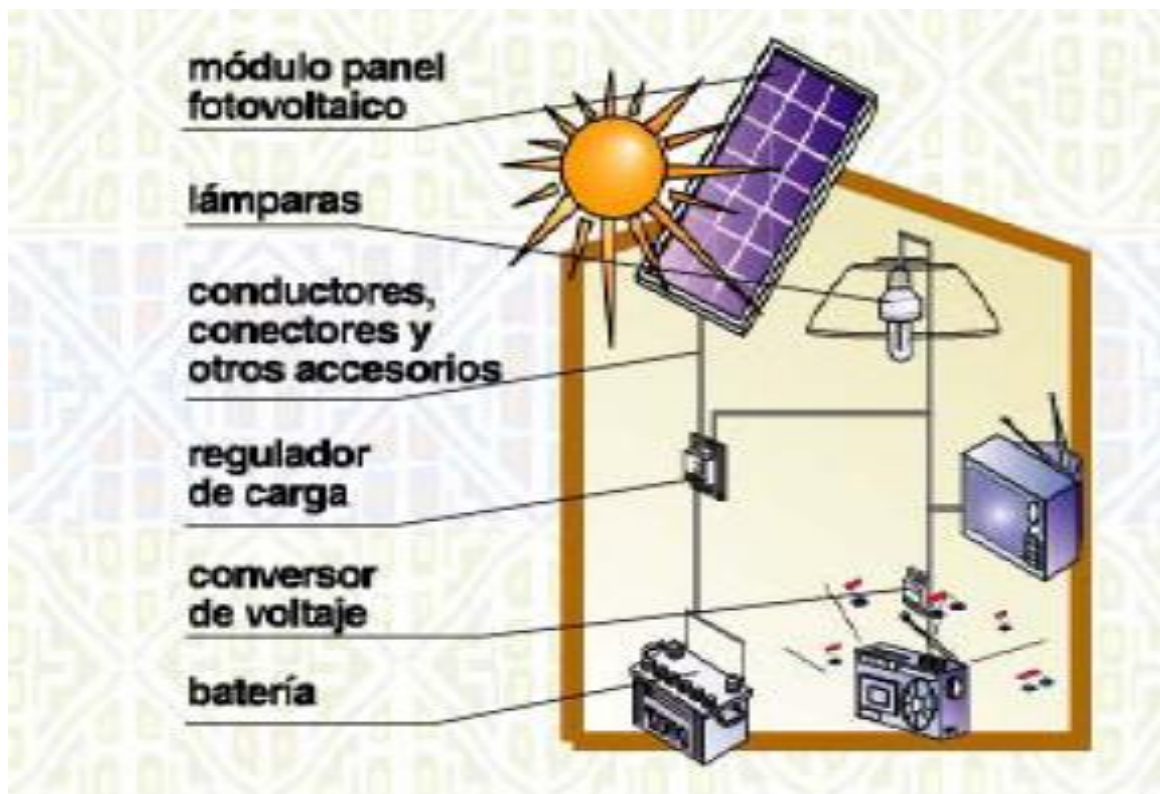
3. EL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO (SSFV)

Un Sistema Solar Fotovoltaico (SSFV) es una fuente de potencia ó de energía eléctrica, están constituidos por los **PANELES SOLARES** que transforman la energía electromagnética solar a energía eléctrica a través de las celdas solares, en corriente continua o directa (DC); **EL SISTEMA DE REGULACIÓN** que regula el proceso de carga/descarga de **LA BATERÍA DE ACUMULACIÓN** para que no se sobrecargue ó se sobredescargue, la energía acumulada en al batería sirve para el funcionamiento de **LAS CARGAS ELÉCTRICAS DE CONSUMO**, las cuales pueden ser en corriente continua (DC) a 12 V, como ser TV en blanco y negro y a color, computadoras Lap Tops, Note Books, radios, equipos musicales, focos ahorradores, bombas de agua, DVD, etc; ó a 24 VDC, 48 VDC para lo cual se requiere de un conversor de voltaje DC/DC; ó en voltaje alterno (AC) para lo cual se requiere de un inversor de corriente de 12 VDC a 220 VAC, 60 Hz (ver figura siguiente).

Los SSFV se pueden diseñar para operar autónomamente o para funcionamiento en sistemas híbridos con otros sistemas que funcionan con fuentes energéticas renovables ó con sistemas de generación convencionales, funcionan aislados de las redes eléctricas ó interconectadas a ellas.

El sistema solar fotovoltaico permite: ahorrar dinero y cuidar nuestra salud, porque ya no se requiere de velas, mecheros o lámparas a gas; ahorrar dinero al no comprar pilas, mejorando la iluminación con una luz clara que ayuda a ver mejor; cuidar nuestra salud porque ya no hay humo, hollín, ni se vierten pilas al suelo y al agua con la consiguiente contaminación ambiental, y sobre todo permite disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, con lo cual estamos contribuyendo a la mitigación del Cambio Climático; disponer de energía eléctrica para pequeños negocios, escuelas, y postas sanitarias, puestos policiales, realizar el turismo ecológico

El sistema fotovoltaico tiene un costo que a largo plazo es más económico, seguro, y confiable; que usar pilas, velas, mecheros, lámparas a gas, grupos electrógenos, o pagar continuamente el consumo mensual de energía proveniente de la red pública. El panel de sistema fotovoltaico con el mantenimiento adecuado dura más de 20 años.



Esquema de un Sistema Solar Fotovoltaico típico para Electrificación Domiciliaria en Zonas Rurales

Los SSFV tienen un alto grado de confiabilidad debido a que carecen de partes móviles, lo cual redundará en una reducción muy importante de los costos de operación y mantenimiento respecto a un sistema de generación convencional, otro factor que contribuye a elevar la confiabilidad de los SSFV es la simplicidad en el diseño del sistema.

Los SSFV son de fácil operación y generalmente se diseñan para operación continua, generando y suministrando energía eléctrica independientemente de los cortes de energía en la red pública, de la variación del precio de los combustibles fósiles, de atentados terroristas, de las sequías que afectan la disponibilidad del recurso agua para la generación hidroeléctrica.

Debido a que el sistema es modular, la capacidad de generación puede expandirse gradualmente con la demanda, sin incurrir en sobre dimensionamiento y sin la obsolescencia de las demás partes existentes del sistema, se pueden ubicar directamente en el sitio de la demanda, y son de fácil transporte e instalar. Finalmente, estos sistemas en funcionamiento no producen contaminación ambiental, ruido, y tampoco tienen emisión espectral significativa.

4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMICILIARIOS Y DE CARGA ESPECIAL

4.1 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMICILIARIOS

Los sistemas fotovoltaicos domiciliarios instalados en el marco del proyecto a los usuarios de los Núcleos Ejecutores en el 2007 y 2008, están constituidos por los siguientes equipos:

Un panel solar de 50 / 80 / 87 Wp de marcas Kyocera / Solar World / Webel Solar, con 36 celdas de silicio policristalino / monocristalino, protegidas con cristal endurecido para resistir granizadas en su parte superior y la parte posterior con laminas PET, marco de aluminio anodizado.

Una estructura de soporte del panel con Rack en H antirrobo, mástil de tubo galvanizado de 3,2 m de longitud, 2” / 2,5” de diámetro y 2,5 mm de espesor que soporta vientos hasta de 120 km/h y empotramiento de concreto ciclópeo al suelo.

Un controlador de carga/descarga de (12 - 24)VCD / (10 / 15 / 20) A de marcas Green GT / Phocos, cuenta con 03 diodos led visualizadores de estado de carga/descarga de la batería, sonido de indicador de alerta de desconexión de carga, detección automática de voltaje (12 – 24 VDC), con estructura protegida contra la humedad y mosquitos y fusible electrónico inteligente para proteger al sistema de posibles errores de polaridad inversa, no necesita reemplazar fusible.

Una batería Solar de 100 / 115 / 165 Ah, 12 VDC, marca VARTA / Delkor / AC Delco, de ciclo profundo, fabricada de calcio-plata, sellada y libre de mantenimiento con un tiempo de vida aproximado de 5 años, tiene conectores tipo perno para bornes negativo y positivo.

Un gabinete/caja, porta batería así como el controlador de carga/descarga, construida de plancha galvanizada, cuenta con una puerta frontal de plexiglás con chapa de seguridad y candado.

Un interruptor termo magnético de seguridad para protección de sobrecargas, cortocircuitos y usuarios curiosos.

Tres luminarias solares tipo LEDs 12 VDC, de 5 W / CFL, 11 W y 15 W, con y sin pantalla difusora; marcas Green GT / Phocos, los tipo LEDs cuentan con 60 leds concéntricos multidireccionales de 420 lúmenes, luz blanca, de muy bajo consumo, tiempo de vida aproximado de 10 años, funcionan en toda su eficiencia en un rango entre -10° C a +50° C

Un pozo a tierra incluidos accesorios Compuesto por los siguientes materiales: Una barra de cobre de 5/8” de diámetro y 1,2 m de longitud, un pozo de de 1 m² de abertura, 1,5 m de profundidad; llenado con tierra agrícola cernida y estiércol,

para mejorar la conductividad del suelo usar eco gel que actúa como cemento conductor; la barra de cobre está cubierta por una caja de registro de PVC de 3 “ de diámetro; un cable de hilos de cobre N° 08 AWG, de 5m de longitud. El cable de cobre del pozo a tierra está conectado entre el polo positivo de la batería y la barra de cobre del pozo, y/o al panel fotovoltaico.

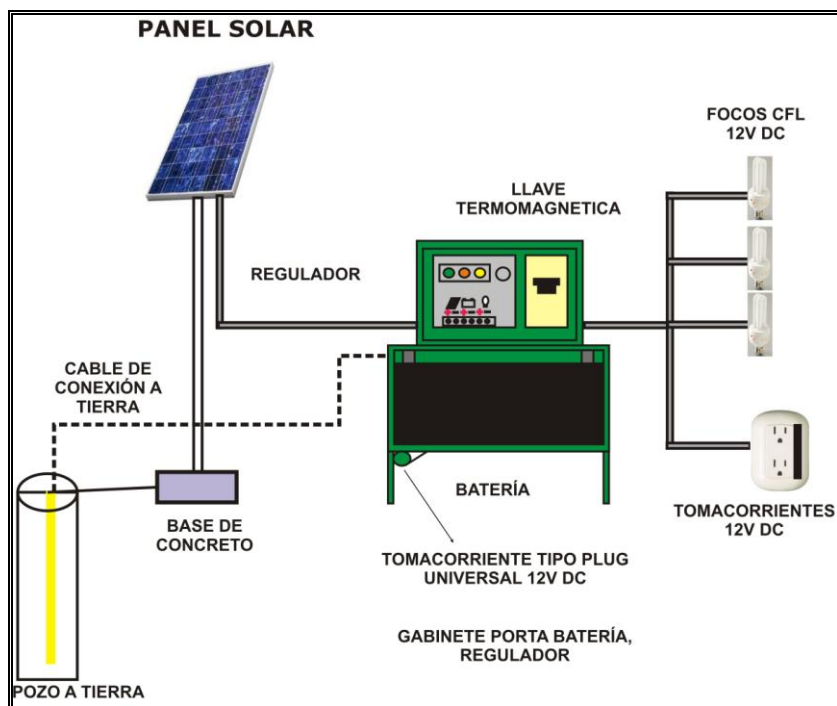
Cableado mínimo de 15 m tipo vulcanizado concéntrico AWG N° 14, 0,5 kV para interiores; sockets E-27 para las lámparas de iluminación, interruptores eléctricos de paso para adosar, cajas de paso para interconexión de cables eléctricos; 5m de cable N° 12 AWG para conexión subterránea panel-regulador, elementos de sujeción de los cables a paredes de adobe, tapias y vigas de madera

NÚCLEO EJECUTOR	PANEL FV		BATERÍA		LAMPARA ILUMINACION			REGULADOR		POZO A TIERRA	CABLES CONEXION	
	Potenci (W)	marca	Capacidad (Ah)	marca	Potencia (W)	tipo	marca	Voltaje (V)	Corriente (A)		Externa (5m)	Interna (15m)
Coracorani, Aychuta, Chiluyo Grande, Chiluyo Norte	50	Kyoce ra	115 110	Varta Bosch	05	leds	GGT	12	15	si	N° 12 AWG	N° 12 AWG
Challapalca, Mamuta, Conchachiri, Chiluyo Chico	50	Kyoce ra	115 110	Varta Bosch	05	Led s	GGT	12	15	si	N° 12 AWG	N° 12 AWG
Cano, Vilacota, Tacjata, Quiulliri	60	Webel solar	115	AC Delco	11	CFL	China	12-24	10	si	N° 12 AWG	N° 14 AWG
Tacalaya, Calachulpani-Vilatavira, Calientes, Japopunco	50	Kyoce ra	115 110	Varta Bosch	05	Led s	GGT	12	15	si	N° 12 AWG	N° 12 AWG
Pampa Huyuni, Chachacomani Collpa y Anexos	80	Solar World	115	Varta	15 05	CFL Leds	GGT	12-24	15-20	si	N° 12 AWG	N° 14 AWG
Mocomoconi, Ancomarca y anexos	80	Solar World	115	Varta	15 05	CFL Leds	GGT	12-24	15-20	si	N° 12 AWG	N° 14 AWG
San Lorenzo, Turunturu / Mamaraya y Anexos	87	Kyocera	165	Delko r	11 5	CFL Leds	Phoco s China	12-24	15	si	N° 12 AWG	N° 14 AWG

Un tomacorriente bipolar para adosar en muro de 15 A/250 VAC o tipo plug universal instalado sobre el gabinete porta batería y regulador

En la tabla anterior para cada Núcleo Ejecutor se resume las características eléctricas y marcas de los elementos componentes de cada sistema fotovoltaico domiciliario instalado, es preciso indicar que las instalaciones y los equipos correspondientes han sido realizadas por tres empresas especializadas, por ello la diferencia en las marcas y características de los equipos y componentes.

Han participado en las instalaciones correspondientes egresados de la Escuela de Física Aplicada especialidad de Energías Renovables de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna.



Esquema que muestra las conexiones de los sistemas fotovoltaicos domiciliarios



Izquierda, vista general de un panel fotovoltaico instalado sobre un rack metálico y soportado por un tubo metálico de F°G° sobre una base de cemento ciclópeo; derecha, sistema metálico porta batería-regulador



Izquierda, vista de la instalación de lámparas de iluminación tipo CFL con pantalla difusora, 11 W / 12 VDC; derecha, tipo LEDs de 5 W, 12 VDC



Izquierda, vista de otro sistema porta batería-regulador; derecha, vista general de la instalación de un panel fotovoltaico domiciliario



Vistas de conexión del sistema pozo a tierra en los sistemas fotovoltaicos domiciliarios

4.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE CARGA ESPECIAL

Los sistemas fotovoltaicos de carga especial instalados los Centros Educativos Y Puestos Policiales en el marco del proyecto a los usuarios de los Núcleos Ejecutores en el 2007 y 2008, están constituidos por los siguientes equipos:

Un panel solar de 80 / 85 Wp de marcas Kyocera/Webell Solar, con 36 celdas de silicio policristalino/monocristalino con un tiempo de vida de 20 años, protegidas con cristal endurecido para resistir granizadas en su parte superior y la parte posterior con laminas PET, marco de aluminio anodizado.

Una estructura de soporte del panel con Rack en H antirrobo, mástil de tubo galvanizado de 3,2 m de longitud, 2,5" de diámetro y 2,5 mm de espesor que soporta vientos hasta de 120 km/h y empotramiento de concreto ciclópeo al suelo.

Un controlador de carga/descarga de 12 / 24 VCD /10 / 15 A, marcas GGT, Phocos, con un tiempo de vida de 15 a 20 años, cuenta con 03 diodos leds visualizadores de estado de carga/descarga de la batería, sonido de indicador de alerta de desconexión de carga, detección automática de voltaje (12 – 24 VDC), con estructura protegida contra la humedad y mosquitos y fusible electrónico inteligente para proteger al sistema de posibles errores de polaridad inversa, no necesita reemplazar fusible.

Una batería Solar de 135/150/165 Ah, 12 VDC, marcas VARTA, AC Delco, Delkor de ciclo profundo, fabricada de calcio-plata, sellada y libre de mantenimiento con un tiempo de vida aproximado de 5 años, tiene conectores tipo perno para bornes negativo y positivo. La batería así como el controlador de carga/descarga van colocados en un gabinete/caja, construida de plancha galvanizada, cuenta con una puerta frontal de plexiglás con chapa de seguridad y candado.

Tres luminarias del tipo LEDs 12 VDC, de 5 W, marca Green GT, con 60 Leds concéntricos multidireccionales de 420 lúmenes, luz blanca, de muy bajo consumo y con un tiempo de vida aproximado de 10 años, funcionan en toda su eficiencia en un rango entre -10° C a +50° C, Tipo CFL de 12 VDC, 11/15 W, y del tipo LVD de 15 W, 12 VDC

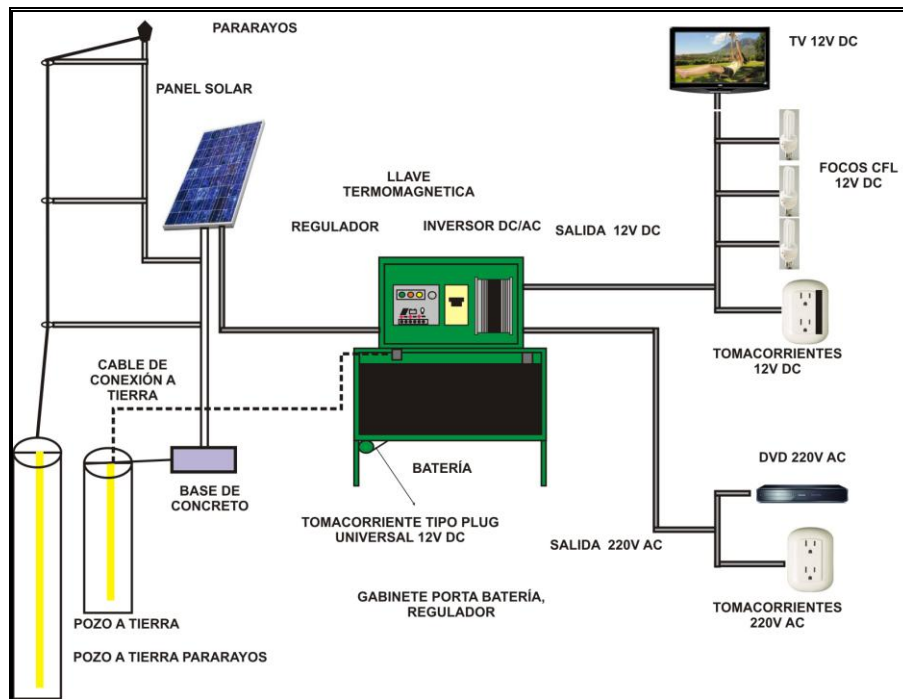
Un pozo a tierra incluidos accesorios Compuesto por los siguientes: materiales: Una barra de cobre de 5/8" de diámetro y 1,2 m de longitud, un pozo de 1 m² de abertura, 1,5 m de profundidad; llenado con tierra agrícola cernida y estiércol, para mejorar la conductividad del suelo usar eco gel que actúa como cemento conductor; la barra de cobre está cubierta por una caja de registro de PVC de 3 " de diámetro; un cable de hilos de cobre N° 08 AWG, de 5m de longitud. El cable de cobre del pozo a tierra está conectado entre el polo positivo de la batería y la barra de cobre del pozo, y/o al panel fotovoltaico.

Cableado mínimo de 15 m tipo vulcanizado concéntrico AWG N| 14, 0,5 kV para interiores; sockets E-27 para las lámparas de iluminación, interruptores eléctricos de paso para adosar, cajas de paso para interconexión de cables eléctricos; 5m de cable N° 12 AWG para conexión subterránea panel-regulador, elementos de sujeción de los cables eléctricos a paredes de adobe, tapias y vigas de madera.

Un tomacorriente bipolar para adosar en muro de 15 A/250 VAC o tipo plug universal 12 VDC instalado sobre el gabinete porta batería y regulador, para el funcionamiento de cargas en voltaje alterno, y voltaje en DC a 12 VDC, respectivamente.

Un pararrayo tetrapuntal tipo Franklin, con accesorios completos, compuesto por los siguientes materiales: Pararrayos, con el cabezal en "T" del mismo, integrado a la estructura de soporte del panel fotovoltaico; un mástil de 2,5 m para

soportar un pararrayos tetra puntal; dos brazos metálicos con aisladores de baquelita; 10 m de cable de cobre de bajada de 50 mm de diámetro, el cable está conectado directamente al pozo a tierra; una barra de cobre de 5/8" de diámetro y 2,4 m de longitud; Un pozo de 1 m² de sección de abertura, y 3 m de profundidad, llenado con tierra agrícola cernida, estiércol y tratamiento químico con cemento conductor eco gel o torgel; cable helicoidal en serpentín de 4 m desnudo de cobre concéntrico de 30 mm de diámetro; una caja de registro de PVC, instalado a una altura de 9m (15m) respecto del suelo.



Esquema que muestra las diferentes conexiones del sistema fotovoltaico de carga especial

Un sistema audiovisual, compuesto por un TV color de pantalla LCD, 19"; 12 VDC / 220 VAC, 80 W; y un DVD de 14 W, 12 VDC / 220 VAC, instalados sobre un gabinete metálico que forma una sola unidad con el sistema porta batería-controlador, y un inversor de 12 VDC a 220 VAC, 60 Hz, 150 / 300 W. Este sistema, al igual que el sistema porta batería – regulador, se instalan sobre una misma consola metálica

En la tabla siguiente, para cada Núcleo Ejecutor se resume las características eléctricas y marcas de los elementos componentes de cada sistema fotovoltaico de carga especial, al igual que los sistemas anteriores, es preciso indicar que las instalaciones y los equipos correspondientes han sido realizadas por tres empresas especializadas, por ello la diferencia en las marcas y características de los equipos y componentes.

Como en el caso anterior, para las instalaciones correspondientes han participado egresados de la Escuela de Física Aplicada especialidad de Energías Renovables de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna.

NÚCLEO EJECUTOR	PANEL FV		BATERÍA		LAMPARA ILUMINACION			REGULADOR		POZO A TIERRA + PARARR AYO	CABLES CONEXION	
	Potenci (W)	marca	Capacidad (Ah)	marca	Potencia (W)	tipo	marca	Voltaje (V)	Corriente (A)		Externa (5m)	Interna (15m)
Coracorani, Aychuta, Chiluyo Grande, Chiluyo Norte	85	Kyoce ra	150	Varta	05	leds	GGT	12	20	si	Nº 12 AWG	Nº 14 / 12 AWG
Challapalca, Mamuta, Conchachiri, Chiluyo Chico	85	Kyoce ra	150	Varta	05	leds	GGT	12	20	si	Nº 12 AWG	Nº 14 AWG
Cano, Vilacota, Tacjata, Quiulliri	80	Webel solar	165	AC Delco	11	CFL	China	12-24	10	si	Nº 12 AWG	Nº 14 AWG
Tacalaya, Calachulpani-Vilatavira, Calientes, Japopunco	85	Kyoce ra	150	Varta	05	leds	GGT	12	20	si	Nº 12 AWG	Nº 14 AWG
Pampa Huyuni, Chachacomani Collpa y Anexos	85	kyocer a	135	Varta	15 05 15	CFL Leds LV D	GGT GGT GGT	12	20	si	Nº 12 AWG	Nº 14 AWG
Mocomoconi, Ancomarca y anexos	85	kyocer a	135	Varta	15 05 15	CFL Leds LV D	GGT GGT GGT	12	20	si	Nº 12 AWG	Nº 14 AWG
San Lorenzo, Turunturu / Mamaraya y Anexos	85	Kyoce ra	165	Delko r	11 5	CFL Leds	Phoco s China	12	15	si	Nº 12 AWG	Nº 14 AWG



Vista general de los sistemas audiovisuales de carga especial, compuesto por un TV a color de pantalla plana a 220 VAC, un DVD a 12 VDC / 220 VAC, 12 W, inversor de 12 VDC a 220 VAC; instalados sobre una consola que forman una unidad con la caja porta batería-regulador



Vista general de los sistemas pararrayos tetrapuntal tipo Franklin, instalados en los sistemas fotovoltaicos de carga especial en Centros Educativos y Puestos Policiales de la zona alto andina de la región Tacna



Izquierda superior, vista de un foco tipo LEDs de 5 W, 12 VDC; inferior, una lámpara tipo de inducción magnética (LVD) 15 W / 12 VDC; derecha, pararrayo y panel fotovoltaico instalado en un Centro Educativo

5. SISTEMAS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA:

5.1 SISTEMA PARARRAYOS TIPO TETRAPUNTAL FRANKLIN

El rayo es la reacción eléctrica causada por la saturación de cargas electrostáticas positivas y negativas que han sido generadas y acumuladas progresivamente durante la activación del fenómeno eléctrico de una tormenta. Las descargas pueden ocurrir de nube a nube o de nube a tierra. Esta última la más peligrosa, pues es la que puede producir daños a estructuras, animales y personas. Simultáneamente con el rayo se produce la luz (relámpago) y sonido (trueno).

5.2 SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

Un sistema de protección contra rayos está compuesto de tres elementos fundamentales:

Un captor: pararrayos

Es un elemento conductor de una terminación aérea, capaz de atraer una descarga atmosférica, para desviarla de alguna parte vulnerable de una estación de telecomunicaciones, escuelas, viviendas, etc.

El principio de funcionamiento de un pararrayos es la ionización pasiva o activa del aire para excitar la carga, y crear un camino abierto para capturar la descarga del rayo y canalizar su energía potencial por un cable a la toma de tierra eléctrica (puesta a tierra).

Un conductor bajante

Es aquel que conecta al captor (pararrayos) y el Sistema de Puesta a Tierra, a través de él circula la descarga eléctrica de un rayo hacia tierra, evita el peligro de un calentamiento o descarga lateral o alguna posible electrificación de la estructura a ser protegida.

Un sistema de puesta a tierra

Es la encargada de dispersar con rapidez y confiabilidad cualquier corriente de descarga.

5,3 TIPOS DE PARARRAYOS:

Pararrayos tipo Franklin

Pueden ser de una y de cuatro puntas (tetra puntal), este último es el que usaremos en las instalaciones de los Sistemas de Pararrayos para los domicilios, centro educativo y centro comunal



Variedad de pararrayos Tipo Franklin

Pararrayos tipo Radiactivo

Usa un material radioactivo en el captor, el cual tiene la prioridad de ionizar la atmósfera, multiplicando en decenas y centenas de millones de veces su conductividad. Los radio isótopos más comunes que se emplean en los captores de estos pararrayos radioactivos son el Radio 226, el Americio 241, etc. Lo importante es que en todos los casos se garantice la no contaminación del medio ambiente.



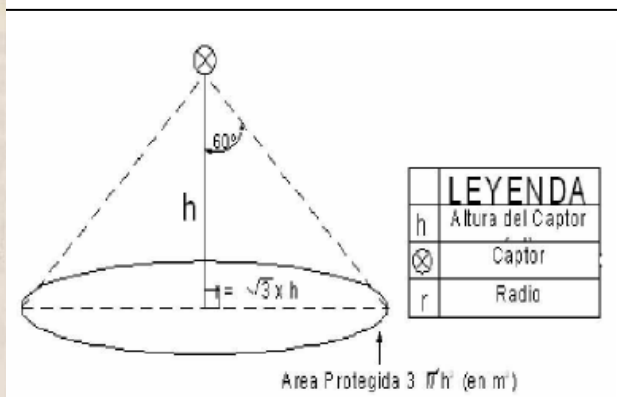
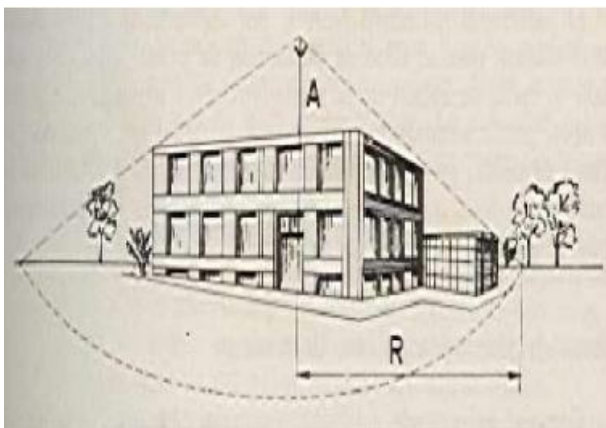
Izquierda, Pararrayos Tipo Radiactivo; derecha, pararrayo con dispositivo de cebado

Pararrayos con Dispositivo de Cebado (PDC)

Es un pararrayos ionizante no radiactivo que funciona bajo el principio de cebado, y ofrece un radio de protección que depende de su altura (h), respecto de la superficie a proteger del cono de cebado y de nivel de protección determinado.

5.4 CAMPO DE PROTECCIÓN DEL PARARRAYOS TIPO FRANKLIN:

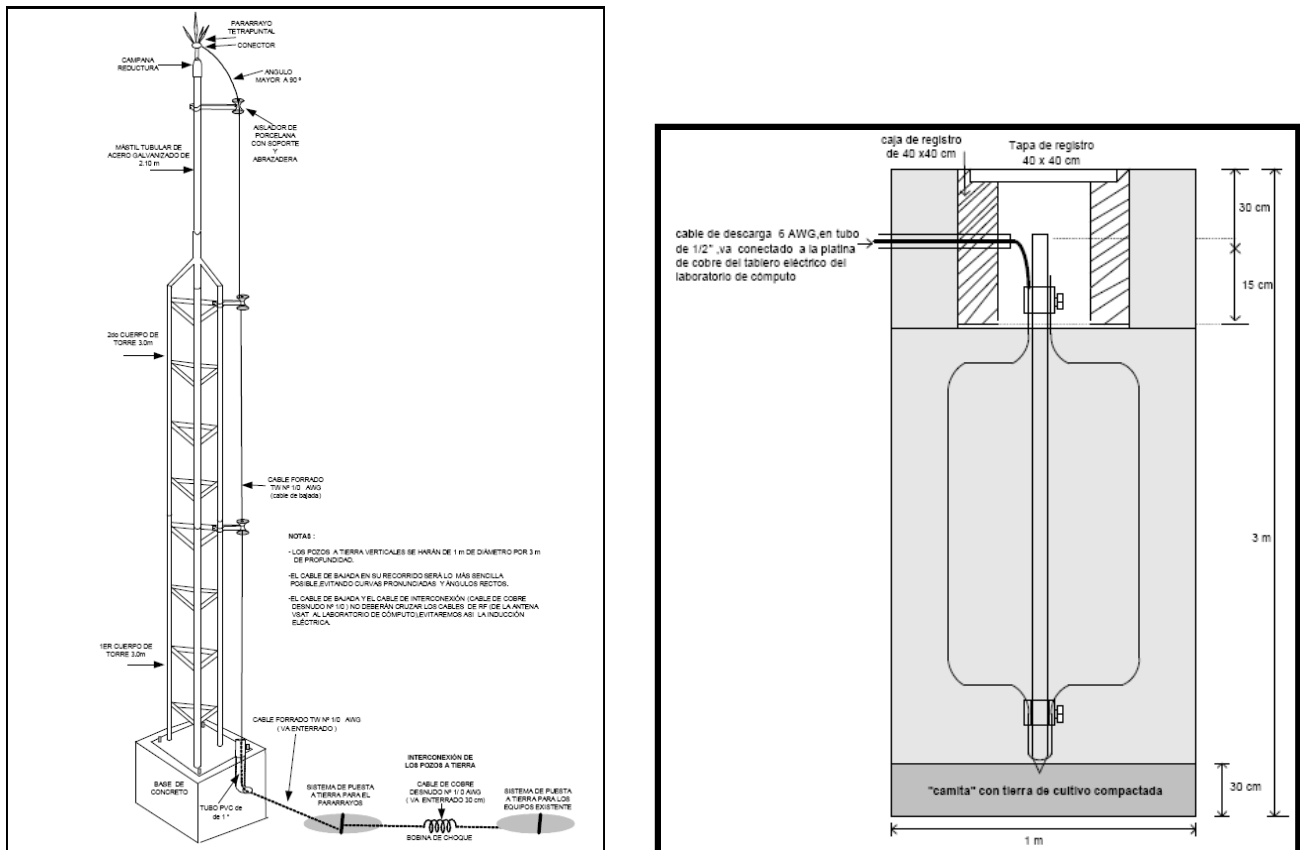
Está determinado por un cono, teniendo como vértice el punto más alto del pararrayos y cuya generatriz forma un ángulo de 60° con relación al vértice. Correctamente instalado, un sistema de Pararrayos puede brindar un ángulo de Protección de aproximadamente de 45 a 60 grados. Estadísticamente se ha comprobado que su campo de protección se debe calcular aproximadamente con un radio igual a su altura.



5.5 DAÑOS QUE CAUSA EL RAYO:

Mecánicos: destrucción de elementos afectados; **Térmicos** : incendios, volatilización de metales por fusión; **Fisiológicos:** quemaduras, parálisis y a menudo la muerte; **Eléctricos** : generación de tensiones de paso y de contacto

Como no todas las descargas eléctricas tienen la misma potencia, los "caprichos" del rayo son realmente extraordinarios. Si se considera que la *intensidad media* durante cada descarga principal llega hasta 20 000 amperios, no debe extrañar que el rayo sea tan poderoso y atemorice tanto. No obstante, la cantidad real de electricidad transferida desde la nube a tierra es muy pequeña, pues esa enorme corriente circula solamente durante una fracción de segundo.



Izquierda, Esquema de un pararrayos instalado tipo tetra puntal Franklin con sistema de pozo a tierra horizontal; derecha, diagrama de un pozo a tierra vertical

Con todo, es sumamente peligrosa, ya que quema lo que toca y electrocuta a los seres vivos. El daño que causa el rayo se debe en gran parte al calor que engendra. Los incendios que las chispas eléctricas provocan todos los años calcinan miles de kilómetros cuadrados de bosques, con los consiguientes incendios de casas, muerte de animales y personas; muchas veces los árboles y los edificios resultan perjudicados debido a que la onda repentina de calor la vaporización del agua y la acumulación de una presión suficiente para hacer estallar la corteza de los árboles o saltar los ladrillos. por otro lado, cada año en el mundo mueren fulminados por el rayo miles de personas, y la zona altoandina de Tacna no escapa a esta problemática, han sucedido casos de muerte de personas y animales de los comuneros

6. SISTEMA POZO A TIERRA

La puesta a tierra se refiere a la unión de electrodos o partes conductoras que unido con tierra y aditivos químicos forman una masa conductiva, lo que permiten derivar a tierra, todas las corrientes de falla, peligrosas para la integridad

de las personas y de los equipos electrónicos. La conexión a tierra eficaz conduce la electricidad indeseable hacia tierra, alejando el peligro en forma segura; o también se define como un construcción elaborada con elementos físicos y químicos, y representa un terreno de resistencias. El valor óhmico del sistema de puesta a tierra debe ser menor o igual a 8 ohmios.

Ventajas de los pozos a Tierra

Proteger al usuario y los equipos, evitar contactos indirectos a que el usuario está expuesto, evitar que en las carcasas metálicas de los equipos eléctricos o electrónicos aparezcan tensiones peligrosas., conducir a tierra las corrientes que proviene tensiones ocasionadas por descargas atmosféricas (rayos), descargas de línea eléctricas, conducir a tierra las corrientes de cargas estáticas (acumuladas en los componentes electrónicos de los equipos), corrientes de transitorios y parasitas, mantener los potenciales producidos por las corrientes de falla dentro de los límites de seguridad de modo que las tensiones de paso o de toque no sean peligrosas para los humanos, evitar los siniestros por descargas eléctricas, ahorro en el consumo de energía, atenuación de las fluctuaciones eléctricas que dañan los equipos eléctricos, proporciona mayor calidad en imagen y sonido de los equipos de audio, mejora las señales de radio, proporcionan mayor calidad de vida al disminuir peligrosos niveles d señales o ruido eléctrico y electromagnético que afectan a la salud, y hay menor riesgo que exploten los tanques de gas.

Características geoelectricas del suelo

Todo sistema de puesta a tierra, involucra el conjunto (electrodo – suelo), es decir la efectividad de toda puesta a tierra será la resultante de las características geoelectricas del terreno y de la configuración geométrica de los electrodos a tierra. Los suelos están compuestos principalmente, por oxido de silicio y óxido de aluminio que son muy buenos aislantes, sin embargo, la presencia de sales y agua contenidas en ellos mejora notablemente la conductividad de los mismos. Los factores que determinan la resistividad de los suelos son: la naturaleza de los suelos, la humedad, la concentración de sales disueltas, la temperatura.

7. INTENSIDAD LUMINOSA DE LAS LÁMPARAS DE ILUMINACIÓN:

A efectos de fines comparativos, se ha medido la intensidad luminosa (lux) de las tres lámparas luminosas instaladas a los beneficiarios, en dos puntos diferentes, alrededor del campo de iluminación del ambiente, a una distancia vertical de 0,5 m y 1,00 m por debajo de la lámpara, y a distancia horizontal de 0,50 m y 1,00 m respecto de la altura de ubicación de la lámpara, para esto el ambiente se ha cerrado para evitar la entrada de luz natural desde el exterior, los datos se detallan a continuación:

LAMPARA	INTENSIDAD LUMINOSA (lux)			
	Distancia vertical, debajo de la lámpara		Distancia horizontal, altura de la lámpara	
	0,5 m	1,00 m	0,5 m	1,00 m
TIPO CFL (15W)	15	9	50	19
TIPO CFL (11W)	20	12	60	23
TIPO LEDs (05 W)	25	14	36	15
TIPO LVD (15 W)	119	37	120	40

Los valores del cuadro anterior, nos indica la calidad luminosa de cada una de las fuentes luminosas instaladas en el marco del proyecto, determinándose que la de tipo LVD es de mejor calidad respecto a los LEDs, y estas respecto a los de tipo CFL, debiéndose distinguir la potencia de consumo entre cada una de estas, al igual la diferencia entre las del tipo CFL (diferentes marcas)

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES:

- ✓ Durante los años 2007 y 2008 en la zona altoandina de extrema pobreza de la región Tacna, a través del proyecto: Electrificación Rural con Paneles Solares, bajo convenio entre FONCODES TACNA y el GOBIERNO REGIONAL TACNA, la iniciativa de algunas Municipalidades Distritales, y bajo la población organizada a través de los denominados NÚCLEOS EJECUTORES, se han instalado 457 Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios, equivalente a una potencia de 29,182 Kw; y 20 Sistemas Fotovoltaicos de Carga Especial en Centros Educativos, Centros de Salud, y Puestos Policiales, equivalente a 1,685 Kw.
- ✓ La potencia total instalada con paneles fotovoltaicos es de 30,867 Kw, usando paneles de silicio monocristalino y policristalino de diferentes potencias pico y marcas de fabricación.
- ✓ Considerando los fenómenos eléctricos naturales propios de la región altoandina, en ambos sistemas fotovoltaicos se han instalado sistemas de protección eléctrica, consistente en pozos de conexión a tierra, y sistemas de pararrayos tipo tertrapuntal Franklin, para la protección de los equipos correspondientes.
- ✓ Los sistemas fotovoltaicos se han dimensionado en función a los datos históricos de radiación solar incidente en promedio anual en la región de Tacna, proporcionados por el Centro de Energías Renovables de Tacna (CERT) de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, y del Atlas Solar del Perú elaborado por el MINEM, y considerando las normas técnicas de instalación y fabricación nacionales e internacionales establecidas.
- ✓ Tanto en los Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios y de Carga Especial, se han instalado sistemas de iluminación de última generación, como los focos tipo LEDs, y Lámparas de Inducción Magnética (LVD), caracterizadas porque funcionan a 12 VDC, bajo consumo energético, larga durabilidad, y buena intensidad luminosa, pero más caras que las tipo CFL.
- ✓ Considerando los datos de los coeficientes de electrificación de las regiones de nuestro país establecidos por el MINEM, la región Tacna antes del proyecto estaba electrificada en un 98 % (0,98) bajo el sistema de red pública, considerando la potencia solar instalada de 30,867 Kw, y la potencia eléctrica de consumo diario de la región de 30 Mw proveniente de plantas hidroeléctricas y térmicas convencionales, la contribución solar es de aproximadamente del 0,1 %, elevando levemente la cobertura de electrificación, aspecto muy importante para el inicio del cambio de la matriz energética en nuestra región sobre la base de la energía solar, energía limpia, renovable, y de alto potencial regional.

8.2 RECOMENDACIONES:

- Considerando las características técnicas de los equipos, y las condiciones meteorológicas de la zona ámbito del proyecto, es necesario realizar un monitoreo de funcionamiento de los sistemas instalados, a efectos de optimizarlos.

- El interior de las habitaciones deben de ser pintadas de color blanco, a efectos de una mejor iluminación, esto debe ser realizado con aporte de mano de obra del usuario, y la pintura debe ser proporcionada por el Núcleo Ejecutor, o por las Municipalidades Distritales correspondientes.
- En lo posible, el beneficiario debe de aportar con una pequeña habitación con puerta y techo, de dimensiones de 1 m x 1 m x 2,5 m, para instalar en dicho ambiente el sistema porta regulador - batería, y así evitar en los interiores los gases procedentes de las baterías, evitar posibles accidentes fortuitos (incendios)
- A efectos de evitar cualquier interferencia de las descargas eléctricas a través de los pararrayos y Sistemas Fotovoltaicos, y resguardar los equipos del sistema fotovoltaico se recomienda que cada sistema de contar con su propio sistema de sujeción, independiente uno del otro. Además, que la altura mínima del sistema pararrayos sea de 15 m instalado sobre una torre metálica de base triangular cimentada.
- Los proyectos deben de ser autosostenibles, y considerando el tiempo de vida corto de algunos de los componentes de los SFV entre tres a cinco años, luego del cual requieren cambiarlos, es necesario que los mismos Núcleos Ejecutores se encarguen de crear o gestionar un fondo para la compra de las partes a cambiar, ya sea a través del establecimiento de una tarifa eléctrica mensual y/o un fondo proveniente de las Municipalidades Provinciales, Distritales o del Gobierno Regional; o bajo sistemas mixtos.
- Considerando la experiencia internacional, la necesidad de energía eléctrica de la población rural en general, los hallazgos encontrados en la supervisión, en la que requieren de energía para el funcionamiento no sólo de tres focos de luz, unas horas diarias de TV y DVD, sino que también para el funcionamiento de una computadora, equipo musical, y otros equipos eléctricos; sugiero que en futuros proyectos se considere un SFVD de mayor potencia con un panel solar de 100 Wp, y batería de 200 Ah, aspecto que haría mérito a los nombres de los proyectos: ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍA SOLAR dentro del esquema del Desarrollo Sostenible, sobre todo incursionar en el contexto de los proyectos productivos usando energías renovables con el objeto de contribuir al desarrollo socioeconómico sostenible, mejorar la calidad de vida de la población, combatir la pobreza y desincentivar la migración del campo a la ciudad.

9- REFERENCIAS:

- POLO BRAVO CARLOS, FONCODES TACNA, Informe técnico final de supervisión del proyecto de electrificación rural con paneles solares GRT-BID III-NUCLEOS EJECUTORES 2008: Pampa Huyuni, Chachacomani, Collpa y Anexos / Mocomoconi, Ancomarca y anexos, Febrero 2009, Tacna.
- POLOBRAVO CARLOS, FONCODES TACNA; Informe técnico final de supervisión del proyecto de electrificación rural con paneles solares – GRT-BID III-NUCLEO EJECUTOR 2008: San Lorenzo, Turunturu y Mamaraya, Marzo 2009, Tacna
- POLO BRAVO CARLOS, FONCODES TACNA, Supervisión de Sistemas Fotovoltaicos instalados por la empresa Soluciones Tecnológicas Integrales (STI), Electrificación Rural Paneles Solares: Núcleo Ejecutor: CANO, TACJATA, VILACOTA, QUIULLIRI - GRT-BID III, Febrero 2008.
- POLO BRAVO CARLOS, FONCODES TACNA, Informe Técnico Final de Asesoría y Consultoría en el proyecto de ELECTRIFICACIÓN RURAL CON PANELES SOLARES – GRT-BID III-NUCLEOS EJECUTORES 2007 – 2008 : Coracorani, Aychuta, Chiluyo Grande, Chiluyo Norte / Challapalca, Mamuta, Conchachiri, Chiluyo Chico / Tacalaya, Calachulpani-Vilatavira, Calientes, Japopunco, Abril 2008, Tacna.
- PROYECTO HUASCARÁN, Sistemas de Protección Eléctrica para Estaciones Remotas VSAT, - Ministerio de Educación, Lima, 2006

- ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA (ASIF), Sistemas de Energía Fotovoltaica, Manual del Instalador; ProgenSA, Tercera Edición, España, 2008
- LEY N° 28749, LEY GENERAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL, Congreso de la República, Mayo 2006, Lima
- LEY N° 28546, LEY DE PROMOCIÓN Y UTILIZACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES NO CONVENCIONALES EN ZONAS RURALES, AISLADAS Y DE FRONTERA DEL PAÍS, Congreso de la República, Mayo 2005, Lima.
- 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, Enero, 2007, Lima
- REGLAMENTO TÉCNICO - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y ENSAYOS DE LOS COMPONENTES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMÉSTICOS HASTA 500 Wp, Ministerio de Energía y Minas- Dirección General de Electricidad, Febrero 2005, Lima
- FALK ANTONY, CHRISTIAN DURSCNER, KARL REMNERS; Fotovoltaica para Profesionales: Diseño, Instalación y Comercialización de Plantas Solares Fotovoltaicas; Censolar; Primera edición, España, 2006
- R.J. VAN OVERSTRATEN, R.P. MERTENS, Physics, Technology and Use of Photovoltaics, Adam Hilger Ltda. Bristol and Boston, USA, 1986
- POLO BRAVO CARLOS, Guías de Prácticas de Laboratorio de Conversión Fotovoltaica y de Concentración Solar, ESFI, FACI, UNJBG, 2009
- POLO BRAVO CARLOS, HUGO TORRES MURO, Prácticas de Laboratorio de Conversión Fotovoltaica - Heli conversión para estudiantes de Ciencias e Ingenierías, COIN 2002, FACI, UNJBG
- EDUARDO E. LORENZO, otros, Electricidad Solar, Ingeniería de los Sistemas Fotovoltaicos, ProgenSA, España, 1994.
- HUMBERTO RODRIGUEZ MURCIA, SUNESH HURRY, Manual de Entrenamiento en Sistemas Fotovoltaicos para Electrificación Rural, JUNAC-OLADE-PNUD, Colombia, 1995.
- RENAN ORELLANA, Sistemas Fotovoltaicos para la Electrificación Rural, Energética-PROPER, Primera Edición, Bolivia, 1996.