

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE
AGRONOMÍA**



**CÁLCULO E INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES
FOTOVOLTAICOS - PAQUICHARI - LA MAR - AYACUCHO**

**Tesis para Obtener el Título Profesional de
INGENIERO AGRÓNOMO**

Presentado por

EDWIN LUIS CORAS VALLEJO

AYACUCHO - PERU

2011

**CÁLCULO E INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS -
PAQUICHARI – LA MAR – AYACUCHO**

Recomendado : 01 de abril de 2011
Aprobado : 08 de abril de 2011



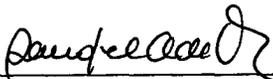
DR. ROLANDO BAUTISTA GÓMEZ
Presidente del Jurado



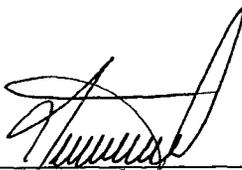
ING. FEDERICO QUICAÑO SUÁREZ
Miembro del Jurado



ING. CARLOS AUGUSTO CASTAÑEDA ESQUEN
Miembro del Jurado



M.Sc. SANDRA DEL AGUILA RÍOS
Miembro del Jurado



M.Sc. ING. RAUL JOSE PALOMINO MARCATOMA
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

*Con entrañable cariño a mi madre, por su gran cariño,
Paciencia y comprensión, quien puso las fuerzas para
la culminación de mis estudios.*

*A mis hijos Eva Marcela, Edwin Martín y a mi
esposa Eva Estefanía, a quienes los quiero, son
el motor que impulsan para seguir luchando en el
azaroso camino de la vida y compartir con
aquellos que anhelamos una sociedad con
equidad.*

A mis hermanos: Flor de María, César y Hugo.

Mi querido Padre Marcelino, hermano Nilo

Quienes gozan en la compañía de nuestro

Padre celestial.

AGRADECIMIENTO

Un sincero y profundo agradecimiento a mi alma máter, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a los distinguidos profesionales de la Facultad de Ciencias Agrarias, por las enseñanzas impartidas durante mi formación profesional.

Agradecimiento a la Municipalidad Provincial de La Mar y sus autoridades, por haber concertado para la realización del presente estudio y gestionado la cristalización del proyecto en beneficio de la población, con quienes compartí momentos sintiendo muchas necesidades vitales y haber entendido aun más la práctica de servir a los más necesitados.

Al Ing. Federico Quicaño Suarez, por el asesoramiento, colaboración y orientación en la culminación del presenta trabajo.

A los miembros de la comisión de jurados, Presidido por el MSc. Rolando Bautista Gómez, Ing. Carlos Castañeda Esquén y MSc. Sandra del Aguila Ríos, por sus aportes en beneficio del presente trabajo.

INDICE	Pag.
RESUMEN DEL PROYECTO	viii
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	1
ENUNCIADO DEL PROBLEMA	2
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS	3
CAPITULO I	4
REVISIÓN DE LA LITERATURA	
1.1. CONCEPTO DE ENERGÍA Y SU RELACIÓN CON EL TRABAJO	4
1.2. LA ENERGÍA Y SU HISTORIA	5
1.3. TIPOS Y APLICACIONES DE ENERGÍA	6
1.3.1. Energía fotovoltaica	7
1.4. TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICO	12
1.4.1. Sistemas autónomos o remotos	12
1.5. MODELO MATEMATICO DE UN GENERADOR FOTOVOLTAICO	14
1.6. DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS AISLADAS.	14
1.7. MATERIALES Y FABRICACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS	21
1.8. GENERADOR FOTOVOLTAICO	23
1.8.1. El panel fotovoltaico, conexión de células en serie y paralelo.	23
1.8.2. Asociación en serie	25
1.8.3. Asociación en paralelo	26
1.8.4. Otros componentes de una instalación fotovoltaica	28
1.9. SISTEMAS DE ACUMULACIÓN	29

1.10. SISTEMAS DE REGULACIÓN	33
1.11. INVERSORES Y CONVERTIDORES	37
1.12. RECEPTORES, CONDUCTORES ELEMENTOS PROTECCIÓN	39
CAPITULO II	41
MATERIALES Y METODOS	
2.1. MATERIALES Y EQUIPOS	41
2.2. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE LA ZONA.	42
2.2.1. Topografía del terreno	42
2.2.2. Clima	42
2.3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	43
2.3.1. FASE 1 (TRABAJOS DE CAMPO)	43
2.3.1.1. Descripción general de la zona de estudio	43
2.3.1.2. Ubicación política	43
2.3.1.3. Ubicación geográfica	44
2.3.1.4. Limites	44
2.3.1.5. Vías de acceso	44
2.3.1.6. Aspectos económicos	45
2.3.1.7. Actividad económica	45
2.3.1.8. Aspectos socio - económico	45
2.3.1.9. Nivel tecnológico	46
2.3.1.10. Vivienda	46
2.3.1.11. Aspectos sociales	47
2.3.1.12. Población	47
2.3.1.13. Nivel de vida	47
2.3.1.14. Servicios existentes	47

2.3.1.15. Educación	47
2.3.1.16. Salud	48
2.3.2. FASE 2 (TRABAJOS DE GABINETE)	49
2.4. TRABAJOS DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO	49
2.4.1. Equipos y herramientas a utilizar	49
2.4.2. Componentes del sistema fotovoltaico domiciliario	50
2.4.3. Descripción de componentes del sistema fotovoltaico domiciliario	52
2.4.3.1. Modulo fotovoltaico	52
2.4.3.2. Regulador de carga	53
2.4.3.3. Batería	54
2.4.3.4. Luminarias o lámparas	54
2.5. SECUENCIA DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO	55
2.5.1. Conexión batería – regulador	55
2.5.2. Conexión regulador – modulo	56
2.5.3. Conexión regulador – cargas	56
2.6. INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO	57
2.6.1. Instalación del modulo fotovoltaico	57
2.6.2. Instalación del regulador	61
2.6.3. Instalación de la batería	64
2.6.4. Instalación de las luminarias e interruptores	66

CAPITULO III	72
RESULTADOS Y DISCUSIONES	
3.1. CONSUMO O DEMANDA DE ENERGIA POR VIVIENDA	72
3.2. CAPACIDAD DE LA BATERÍA	73
3.3. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE PANELES	76
3.4. DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN	76
3.5. DETERMINACIÓN DEL INVERSOR	77
3.6. DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR	77
3.7. DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR.	77
3.8. DETERMINACIÓN DE ALIMENTACIÓN DEL ACUMULADOR AL INVERSOR	78
3.9. PANEL FOTOGRAFICO, SECUENCIA DE LAS INSTALACIONES	79
3.10. MANTENIMIENTO DEL MÓDULO	89
3.11. MANTENIMIENTO DEL REGULADOR	90
3.12. MANTENIMIENTO DE LA BATERIA	92
3.13. MANTENIMIENTO DE LAS LUMINARIAS	93
CAPITULO IV	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

RESUMEN DEL PROYECTO

El presente trabajo, pretende proponer una alternativa del uso de energía, con la finalidad de aprovechar energías renovables, mediante la instalación de paneles solares fotovoltaicos para la generación y aprovechamiento de energía eléctrica para uso doméstico en las viviendas unifamiliares de la comunidad de Paquichari del Distrito de San Miguel, provincia de La Mar y Departamento de Ayacucho.

Entendemos como energía renovable aquella cuya fuente de obtención se renueva constantemente, poniéndose a nuestra disposición de forma periódica, frente a las energías no renovables que no se renuevan o que tienen unos períodos de renovación muy largos. Energía renovable, también llamada energía alternativa o blanda, este término engloba una serie de fuentes energéticas que en teoría no se agotarían con el paso del tiempo. Estas fuentes serían una alternativa a otras tradicionales y producirían un impacto ambiental mínimo, pero en sentido estricto ni son renovables, como en el caso de la geotermia, ni se utilizan de forma blanda.

El presente proyecto plantea el cálculo e instalación de un sistema de generación de energía fotovoltaico para utilizar en el consumo doméstico de energía eléctrica en las viviendas unifamiliares de la comunidad de Paquichari; dado que en el Perú gran parte de las comunidades de la sierra y selva no disfrutan de los beneficios de la energía eléctrica convencional, por encontrarse en zonas alejadas y aisladas de los centros urbanos, donde las viviendas familiares son dispersas y con baja

densidad poblacional; en estas zonas no resulta económicamente rentable la extensión de la red eléctrica, siendo la alternativa fotovoltaica una solución muy interesante, es esta la razón por la que la energía solar fotovoltaica cumplirá un importante papel en la electrificación de zonas rurales.

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad la comunidad de Paquichari existe una necesidad de la instalaciones de energía eléctrica por lo que los pobladores de la zona se ven retrasados y sin ninguna información de las cosas que atraviesa nuestro país debido a que no cuentan con este sistema de iluminación y que aún siguen iluminándose como en épocas remotas a atreves de velas o mecheros a kerosene que también les hacen mucho daño y la gran mayoría de los pobladores sufren de enfermedades de sinusitis, por lo que reunidos toda la población de la Comunidad de Paquichari solicitaron a la Municipalidad Provincial de la Mar San Miguel un apoyo en la instalación de los paneles solares en la comunidad y de esta manera estarían solucionando en parte sus problemas de iluminación y ver cristalizados sus sueños postergados por muchos años.

1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

La comunidad de paquichari tiene una población de 140 habitantes distribuidas en 20 viviendas, la falta de servicio de energía eléctrica ocasiona que los habitantes de esta comunidad sigan postergados en su desarrollo humano, lo cual conlleva a que los habitantes vivan en la pobreza debido al difícil acceso a servicios básicos de calidad, debido a estas causas los pobladores usan fuentes alternas de energía como alumbrado mediante velas y/o mecheros a kerosene, pilas y para visualizar el televisor baterías, todo esto para lograr satisfacer sus necesidades, pero por otro lado perjudicando su economía debido a los mayores gastos y el medio ambiente debido a los desechos que generan.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Las energías renovables son, además, fuentes de energía amigables con el medio ambiente. La generación y el consumo de las energías convencionales causan importantes efectos negativos en el entorno. Las energías renovables no producen emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera, asimismo las energías renovables son fuentes autóctonas, por lo que las renovables disminuyen la dependencia de la importación de combustibles.

Gran parte de la población mundial incluido el Perú y gran parte de las comunidades de la sierra y selva en este caso la comunidad de Paquichari no disfrutan de los beneficios de la energía eléctrica, por encontrarse en zonas alejadas y aisladas de los centros urbanos, donde las viviendas familiares son dispersas y con baja densidad poblacional; en

estas zonas no resulta económicamente rentable la extensión de la red eléctrica, siendo la alternativa fotovoltaica una solución muy interesante especialmente para instalaciones de potencias inferiores; es esta la razón por la que la energía solar fotovoltaica cumplirá un importante papel en la electrificación de zonas rurales.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo General

- Realizar los cálculos requeridos para la utilización de la energía solar fotovoltaica directa en el alumbrado domiciliario de viviendas familiares de la comunidad de Paquichari.

Objetivos Específicos

- Instalar paneles solares fotovoltaicos para la transformación en energía eléctrica en 20 viviendas unifamiliares de la comunidad de Paquichari.

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

1.1 CONCEPTO DE ENERGÍA Y SU RELACIÓN CON EL TRABAJO

Iqbal, M. (1983), menciona que la energía se define de forma general como toda causa capaz de producir un trabajo y su manifestación es precisamente la realización de su virtualidad, es decir, la producción de un trabajo, o bien su transformación en otra forma de energía. Por ejemplo: La energía no puede ser creada, ni consumida, ni destruida; si no que solamente puede ser convertida o transferida. Cuando un cuerpo se desplaza las fuerzas actuantes realizan un trabajo. Asimismo, cuando un cuerpo se encuentra a cierta altura, potencialmente esta capacitado para desplazarse hasta el plano, en donde, se realizará un trabajo mecánico. En este caso el sistema físico puede efectuar trabajo. o sea: un sistema físico posee energía cuando tiene capacidad para realizar un trabajo.

1.2 LA ENERGÍA Y SU HISTORIA.

GEO ENERGIA, reseña la energía a través del tiempo del modo siguiente:

Del fuego al reactor nuclear.

Los científicos que estudian la evolución de la especie humana encontraron herramientas de piedras muy rudimentarias.

El uso de una piedra para golpear a otra como, si fueran un martillo, o el acto de arrojar una piedra o una lanza para cazar un animal implican la utilización de la energía cinemática, pues, al estar en movimiento, el arma o la herramienta resultan más efectivas en el trabajo.

Hace unos 30,000 años, el hombre comenzó a dominar el fuego. La posibilidad de encender y mantener el fuego permitió la calefacción, el comienzo de la cocción de los alimentos, marcó los inicios de la metalurgia.

El hombre primitivo necesitaba la energía de los alimentos (la energía calórica) la cual debía ser consumida en grandes proporciones ya que la búsqueda de los mismos era dificultosa. Hace 10.000 años, con la aparición de la ganadería y la agricultura, el hombre comenzó a gastar menos energía en la búsqueda de los alimentos y mantuvo fuentes de energía disponibles como son los rebaños y las plantaciones.

Más tarde, empezaron a usarse animales para la tracción de arados. La utilización de la energía aportada por animales fue extendiéndose al transporte, la molienda de granos o las bombas para impulsar agua.

1.3 TIPOS Y APLICACIONES DE ENERGIA.

Herrero. M. A. (1985). Sostiene que la energía solar, es la energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares. Llega a la tierra en forma de radiación a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres.

La energía solar es generada por la llamada fusión nuclear que es la fuente de todas las estrellas del universo. La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, si se considera que la Tierra está a su distancia promedio del Sol, se llama constante solar, y su valor medio es $1,37 \times 10^6 \text{ erg/s/cm}^2$, o unas 2 cal/min/cm^2 . Sin embargo, esta cantidad no es constante, ya que parece ser que varía un 0,2% en un periodo de 30 años.

La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera.

La intensidad de energía solar disponible en un punto determinado de la tierra depende, de forma complicada pero predecible, del día del año, de la hora y de la latitud.

Además, la cantidad de energía solar que puede recogerse depende de la orientación del dispositivo receptor.

El hombre puede transformar la energía solar en energía térmica o eléctrica. En el primer caso la energía solar es aprovechada para elevar la temperatura de un fluido, como por ejemplo el agua. Y en el segundo

caso la energía luminosa del sol es transportada por sus fotones de luz, incide sobre la superficie de un material semiconductor, ejemplo: el silicio que forma las células fotovoltaicas, fabricadas para que mediante de estas los colectores solares capten la energía y puedan almacenarla en los acumuladores, produciendo el movimiento de ciertos electrones que componen la estructura atómica de la materia.

Un movimiento de electrones produce una corriente eléctrica que se utiliza como fuente de energía de componentes eléctricos o bien electrónicos. Es el caso del principio de funcionamiento de las calculadoras solares.

Estas centrales de energía solar están en todo el mundo. En latitudes de 60°, cada metro cuadrado de un colector solar recibe unos mil kilovatios / hora de energía solar en un año y puede usar aproximadamente la mitad de esa energía para calentar agua. En latitudes de 35°, un colector parecido recibe el doble.

1.3.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

JIMENEZ, (2008); resume en que la energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de celdas ó células fotovoltaicas. Las células fotovoltaicas son dispositivos formados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los fotones inciden sobre ellos. Convierten energía luminosa en energía eléctrica.

Están formados por células elaboradas a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos, siendo capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 V, utilizando

como materia prima la radiación solar. Como se puede ver en la figura N° 01.

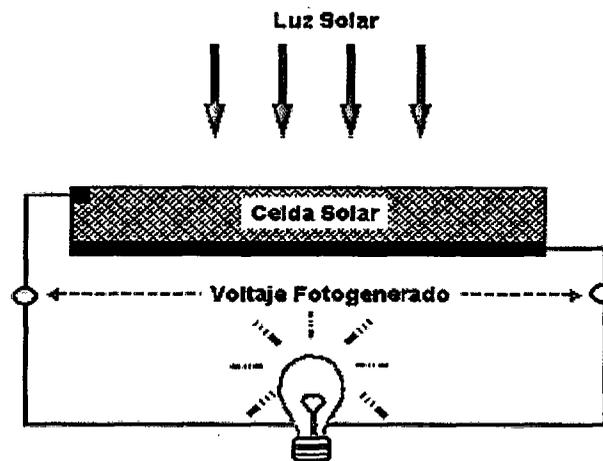


Figura N° 01: Efecto Fotovoltaico

Fuente: Jiménez 2008

Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado a las aplicaciones eléctricas; los paneles captan la energía solar transformándola directamente en eléctrica en forma de corriente continua, que se almacena en acumuladores, para que pueda ser utilizada fuera de las horas de luz.

Los módulos fotovoltaicos admiten tanto radiación directa como difusa, pudiendo generar energía eléctrica incluso en días nublados.

ELEMENTOS:

GENERADOR SOLAR: conjunto de paneles fotovoltaicos que captan energía luminosa y la transforman en corriente continua a baja tensión.

ACUMULADOR: Almacena la energía producida por el generador. Una vez almacenada existen dos opciones:

Sacar una línea de éste para la instalación (utilizar lámpara y elementos de consumo eléctrico).

Transformar a través de un inversor la corriente continua en corriente alterna.

REGULADOR DE CARGA: Su función es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, puesto que los daños podrían ser irreversibles. Debe asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficacia.

INVERSOR (opcional): Se encarga de transformar la corriente continua producida por el campo fotovoltaico en corriente alterna, la cual alimentará directamente a los usuarios.

Un sistema fotovoltaico no tiene porque constar siempre de estos elementos, pudiendo prescindir de uno o más de éstos, teniendo en cuenta el tipo y tamaño de las cargas a alimentar, además de la naturaleza de los recursos energéticos en el lugar de instalación.

Tradicionalmente este tipo de energía se utilizaba para el suministro de energía eléctrica en lugares donde no era rentable la instalación de líneas eléctricas. Con el tiempo su uso se ha ido diversificando hasta el punto que actualmente resultan de gran interés las instalaciones solares en conexión con la red eléctrica.

La energía fotovoltaica tiene muchísimas aplicaciones, en sectores como las telecomunicaciones, automoción, náuticos, parquímetros. También podemos encontrar instalaciones fotovoltaicas en lugares como carreteras, ferrocarriles, plataformas petrolíferas o incluso en puentes, gaseoductos y oleoductos. Tiene tantas aplicaciones como pueda tener la electricidad.

Algunos usos:

Electrificación de viviendas rurales

Suministro de agua a poblaciones

Bombeo de agua / riegos

Naves ganaderas

Telecomunicaciones: repetidores de señal, telefonía móvil y rural

Tratamiento de aguas: desalinización, cloración

Señalizaciones (marítima, ferroviaria, terrestre y aérea) y alumbrado público

Conexión a la red

Protección catódica

Sistemas de telecontrol vía satélite, detección de incendios

PRODUCTORES MUNDIALES DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA

JAPÓN: Actualmente, es el principal país productor de energía fotovoltaica a nivel mundial, el segundo puesto lo ocupa ALEMANIA.

ESPAÑA: Es uno de los países europeos con niveles más altos de radiación solar y tiene un elevado mercado potencial interior en sistemas conectados a la red. Pero, por contra, en la implantación de energía solar se encuentra por detrás de países nórdicos como Suecia, Holanda o Alemania.

En España inciden 1.500 kilowatios/hora/m² que se pueden aprovechar directamente (calor) o se pueden convertir en otra fuente de energía (electricidad).

La producción mundial de módulos fotovoltaicos viene creciendo desde el año 2000 en un 30% anual y actualmente España es considerada, junto con Estados Unidos, Israel y Australia, como uno de los grandes inversores mundiales en el desarrollo de la energía solar para producir electricidad.

VENTAJAS:

MEDIO AMBIENTALES

No contamina: No produce emisiones de CO₂ ni de otros gases contaminantes a la atmósfera.

No consume combustibles.

No genera residuos

No produce ruidos

Es inagotable

SOCIO-ECONÓMICAS

Su instalación es simple

Requiere poco mantenimiento

Tienen una vida larga (los paneles solares duran aproximadamente 30 años)

Resiste condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad.

No existe una dependencia de los países productores de combustibles.

Instalación en zonas rurales → desarrollo tecnologías propias.

Se utiliza en lugar de bajo consumo y en casas ubicadas en parajes rurales donde no llega la red eléctrica general.

Venta de excedentes de electricidad a una compañía eléctrica.

Tolera aumentar la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos.

Goswani. D., Kreith. F y Kreider. J.F, (1999), menciona las ventajas del uso de energía renovable.

VENTAJAS:

La energía solar fotovoltaica es, al igual que el resto de energías renovables, inagotable, limpia, respetable con el medio ambiente y sentando las bases de un autoabastecimiento. Al igual que el resto de las energías limpias, contribuye a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero y especialmente de CO₂.

1.4 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

1.4.1 SISTEMAS AUTÓNOMOS O REMOTOS.

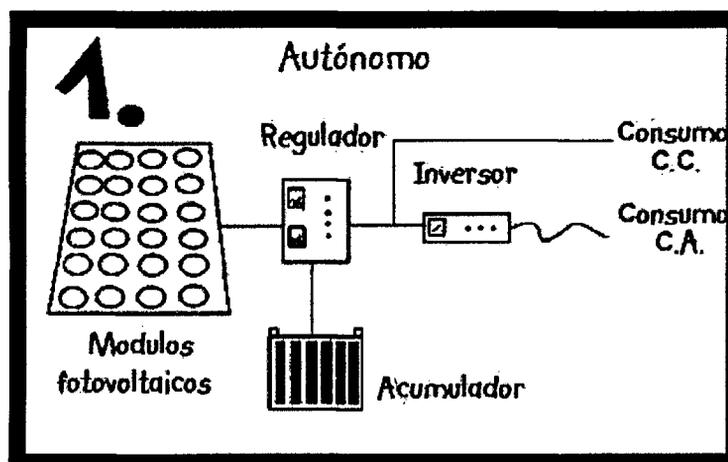


Figura N° 02. Sistemas autónomos

Los sistemas autónomos son el mercado que estimuló la producción industrial de módulos y dio credibilidad a la energía, al demostrar que pese a su costo, son la opción más económica en algunas aplicaciones terrestres. Figura N°. 02

La energía generada a partir de la conversión fotovoltaica se utiliza para cubrir pequeños consumos eléctricos en el mismo lugar donde se produce la demanda.

Es el caso de aplicaciones como la electrificación de: viviendas alejadas de la red eléctrica convencional, básicamente electrificación rural; servicios y alumbrado público: iluminación pública mediante farolas *autónomas* de parques, calles, monumentos, paradas de autobuses, refugios de montaña, alumbrado de vallas publicitarias, etc.

Con la alimentación fotovoltaica de luminarias se evita la realización de zanjas, canalizaciones, necesidad de adquirir derechos de paso, conexión a red eléctrica, etc.

Aplicaciones agrícolas y de ganado: bombeo de agua, sistemas de riego, iluminación de invernaderos y granjas, suministro a sistemas de ordeño, refrigeración, depuración de aguas, etc.;

Señalización y comunicaciones: navegación aérea (señales de altura, señalización de pistas) y marítima (faros, boyas), señalización de carreteras, vías de ferrocarril, repetidores y reemisores de radio y televisión y telefonía, cabinas telefónicas aisladas con recepción a través de satélite o de repetidores, sistemas remotos de control y medida, estaciones de tomas de datos, equipos sismológicos, estaciones meteorológicas, dispositivos de señalización y alarma, etc. El balizamiento es una de las aplicaciones más extendida, lo que demuestra la alta fiabilidad de estos equipos.

Por su parte, en las instalaciones repetidoras, su ubicación generalmente en zonas de difícil acceso obligaban a frecuentes visitas para hacer el cambio de acumuladores y la vida media de éstos se veía limitada al trabajar con ciclos de descarga muy acentuados.

1.5 MODELOS MATEMÁTICOS DE UN GENERADOR FOTOVOLTAICO.

De Juana Sardon (2003); formula que para caracterizar el comportamiento de los sistemas fotovoltaicos, y con el fin de diseñarlo adecuadamente, es preciso poder determinar la tensión y la intensidad de corriente que proporciona en los distintos estados de funcionamiento en los que puedan encontrarse. La utilización de modelos sencillos aporta precisión suficiente para estos propósitos y los parámetros que los definen pueden determinarse fácilmente a partir de los datos proporcionados por los fabricantes.

1.6. DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS AISLADAS.

De Juana Sardon (2003). Se pueden distinguir dos tipos de instalaciones fotovoltaicas aisladas:

- Instalaciones que usan solamente energía solar.
- Instalaciones que usan además un equipo auxiliar de generación de energía eléctrica que suelen denominarse instalaciones híbridas (figura N° 02).

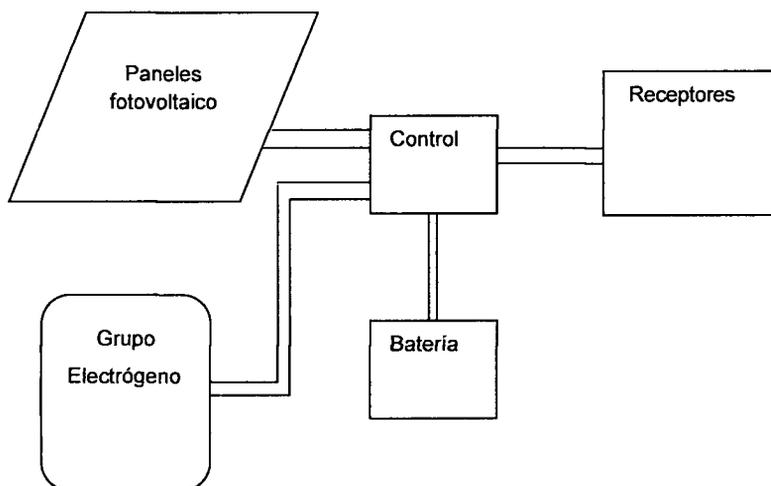


Figura N° 02. Instalación híbrida

Fuente De Juana Sardón (2003)

Cuando se diseña una instalación aislada de cualquier tipo el principal problema consiste en determinar la superficie de panel o la potencia pico necesario, y la capacidad de acumulación de las baterías.

El cálculo de las instalaciones fotovoltaicas se puede realizar siguiendo diversos métodos que presentan una mayor o menor aproximación. Entre los más utilizados se van a comentar dos: un método simplificado basado en el número de horas de sol pico o equivalentes y un método basado en la simulación, donde se determina la pérdida de carga utilizándose para ello series de valores de radiación diaria. Se entiende por n° de horas de sol equivalentes aquel número de horas de sol que en condiciones estándar (1.000 W/m^2) aportaría la misma energía que la recibida en el periodo considerado.

En ambos métodos es necesario conocer la demanda energética existente y en consecuencia, las potencias y tiempos de funcionamiento de los distintos receptores. En el cálculo de la demanda es conveniente considerar las pérdidas que se produzcan, tanto en la batería, que tiene

un rendimiento energético en torno al 80%, como en los inversores, cuyo rendimiento es del orden del 90%. Igualmente, deben considerarse las pérdidas en los conductores que toman especial relevancia en las instalaciones fotovoltaicas ya que las tensiones acostumbran a ser bajas y las corrientes proporcionalmente elevadas. A efectos de calcular la demanda energética total de la instalación se dividirá la demanda de los receptores por un rendimiento energético de la instalación eléctrica η , cuyo valor promedio se puede estimar en 0,85. En función de la longitud de los cables y las potencias a transportar habrá que decidir si se aumenta la tensión de la instalación bajo el criterio de que una instalación bien dimensionada no debería tener pérdidas de potencia, por este motivo, superiores al 5%. A continuación se describen los métodos de dimensionamiento ya señalados.

MÉTODO SIMPLIFICADO.

En este método se establece el balance energético para el periodo más desfavorable y se determina el área de superficie fotovoltaica para la inclinación que la hace mínima de manera que la oferta iguale a la demanda en este periodo, quedando el sistema sobredimensionado durante el resto del año. No se efectúa acumulación estacional pero sí es necesario disponer de capacidad de acumulación para poder suministrar energía durante los días nublados consecutivos que puedan presentarse, es decir, para tener cierta autonomía. Normalmente se toman intervalos mensuales por ser más asequibles los datos de radiación correspondientes a dichos periodos.

Se sigue el siguiente procedimiento:

- 1°. Se establece la matriz de oferta $[\bar{H}]$, es decir, de radiación diaria media mensual ($\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$) correspondiendo el elemento H_{jk} al mes k y a una inclinación j .
- 2°. Se establece la matriz (vector) de demanda $[\bar{D}]$, donde el elemento b_k es la demanda diaria de cada mes en $\text{kWh}/\text{día}$.
- 3°. Se determina la matriz de área de captación teórica $[A]$, considerando el rendimiento igual a 1, donde el elemento A_{jk} , es el área teórica necesaria para el mes k e inclinación j . $A_{jk} = \bar{D}_k / \bar{H}_{jk}$
- 4°. El mayor valor de cada fila A_{jk} , afectado por el rendimiento de la conversión, será el área crítica necesaria para cada inclinación j .
- 5°. La superficie mínima precisa para la instalación será la correspondiente a la inclinación óptima que resulta de elegir el valor mínimo entre los máximos de cada fila (de cada inclinación). Se determina de esta manera la inclinación óptima y el periodo crítico.
- 6°. Una vez determinada la inclinación óptima y el periodo crítico, se procede al dimensionamiento del generador foto-voltaico de la siguiente forma:

Se calcula el número de horas de Sol equivalentes, N_h , correspondiente al periodo crítico. N_h , Radiación disponible en el periodo crítico (kWh/m^2) / 1Sol estándar ($1 \text{ kW}/\text{m}^2$), o bien:

$$N_h = \frac{R_{jk} \times n^{\circ} \text{ días periodo } (\text{kWh}/\text{m}^2)}{1 (\text{kW}/\text{m}^2)}$$

- Se calcula la potencia a instalar, P, dividiendo la demanda total en el Intervalo por el número de horas equivalentes N_h .

$$p = \frac{D_k \times n^{\circ} \text{ días periodo (kWh)}}{N_h (h)}$$

- Posteriormente, se calcula el número de paneles en serie que constituyen cada rama (figura 03), n_{ps} , dividiendo la tensión nominal de la instalación por la tensión nominal de un módulo:

$$n_{ps} = \frac{V_n}{V_m}$$

- Y el número de ramas de paneles en serie dispuestas en paralelo, n_p , dividiendo la potencia necesaria a instalar, P, entre el producto de la potencia de un módulo, P_m , y el número de paneles en serie n_{ps} :

$$n_p = \frac{P}{P_m \times n_{ps}}$$

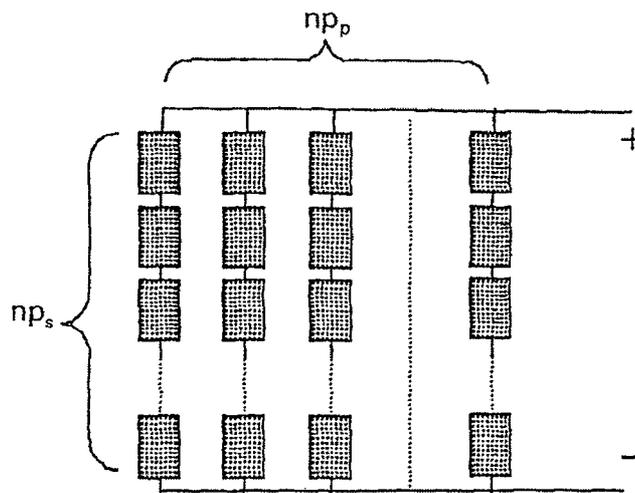


Figura N° 03. Generador fotovoltaico

Fuente De Juana Sardón (2003)

En lugar de la potencia pico del módulo, se deberá utilizar la potencia del módulo correspondiente a su punto de funcionamiento, que es variable. Hay que considerar que en los niveles de carga dentro de los cuales la batería debe funcionar la mayor parte del tiempo, la tensión sufre ligeras variaciones y que una batería en una instalación bien dimensionada no debe alejarse mucho del punto de máxima potencia del generador fotovoltaico. Por otro lado, no debemos olvidar el efecto del incremento de temperatura, que produce una reducción en la potencia proporcionada por el panel.

Diversos estudios realizados han mostrado que la potencia proporcionada por los paneles en condiciones de campo suele encontrarse entre un 5 y un 20% por debajo de la indicada por los fabricantes en sus catálogos que corresponde a ensayos de laboratorio en condiciones estándar (Thomas, M.G. et al., 1999). También debe indicarse que existirán periodos en los que por estar la batería completamente cargada la energía solar no podrá aprovecharse.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, es prudente tomar como valor de la potencia de panel, P_m , alrededor del 80% de la potencia pico proporcionada por el fabricante que debería corresponderse, como sabemos, a las condiciones estándar.

$$P_m = P_{pico} \times 0,8$$

AUTONOMIA Y CICLADO DIARIO.

Las instalaciones se diseñan para que tengan un número de días de autonomía que puede ser variable de unos meses a otros en función de la

climatología y del uso previsto. Para calcular la acumulación necesaria se establece el vector de número de días de autonomía, Nau , donde el elemento Nau_k es el valor correspondiente para el mes k . Normalmente se suele tomar un valor comprendido entre 7 y 15 días, para los meses de menor insolación, siendo inferior en los meses más soleados.

La acumulación necesaria en kWh, Au , será el máximo valor calculado para los distintos meses de la siguiente forma:

$$Au = \max[Nau_k \times b_k] \quad (\text{kWh})$$

La capacidad mínima de la batería para un régimen de descarga lento, como el que sucede a lo largo de varios días nublados consecutivos, y que podemos considerar que se corresponde con la capacidad para un régimen de descarga de 100 horas, CB_{100} , es:

$$CB_{100} = \frac{Au}{PD_{100}} \quad (\text{kWh})$$

Donde PD_{100} es la profundidad de descarga máxima para este régimen, que no debe superar el 70% en baterías que admitan descargas profundas ni el 40% en baterías de plomo-ácido convencionales.

Para pasar de kWh a Ah se tiene en cuenta la tensión nominal de la batería de forma que:

$$CB_{100}(\text{Ah}) = \frac{100(W/\text{kW})CB_{100}(\text{kWh})}{V_n(V)}$$

También es conveniente estudiar e: ciclado diario de las baterías, como consecuencia del desfase entre los consumos y las horas de Sol. La capacidad mínima de la batería para un régimen de descarga rápido, correspondiente por ejemplo a 10 horas, CB_{10} , es:

$$CB_{10} = \frac{DF}{PD_{10}} (kWh)$$

Siendo DF el consumo desfasado en kWh y PD_{10} la profundidad de la descarga que un

Ciclado diario no debe superar el 20% debido a que la vida de la batería se vería reducida por el elevado número de ciclos.

Los fabricantes de baterías para aplicaciones solares suelen proporcionar los valores de capacidad para distintos regímenes de descarga, representando C_{10} y C_{100} las capacidades de la batería para regímenes de descarga de 10 y 100h, respectivamente.

La batería elegida deberá tener unos valores de C_{10} y C_{100} que cumpla con las siguientes condiciones:

$$C_{10} \geq CB_{10} \text{ y } C_{100} \geq CB_{100}$$

1.7. MATERIALES Y FABRICACIÓN DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.

De Juana Sardon (2003); referido a los materiales y fabricación precisa que con el objeto de reducir las pérdidas debidas a la dispersión de parámetros las células se clasifican en función de éstos antes de utilizarlas en la fabricación de los paneles. Después se interconectan con unas cintas metálicas que contienen plata para dotarlas de alta conductividad y se sueldan con soldadura ultrasónica o soldadura blanda.

Como ya se indicaba en un anterior apartado, las células han de protegerse oportunamente mediante una cubierta transparente y un material encapsulado que garantice un tiempo de vida superior a 20 años.

Las partes integrantes de un panel fotovoltaico son la cubierta frontal, el

material encapsulante, las células y sus conexiones, la cubierta posterior y el marco.

La cubierta frontal transparente suele ser de vidrio templado para que resista los impactos del granizo, y con bajo contenido en hierro para darle mayor transparencia. Entre el vidrio y las células, y también cubriéndola por la parte posterior, se sitúa el material encapsulante, cuya misión no es solamente impedir la entrada de agua y polvo, sino también reducir las pérdidas por reflexión que se producirían si la radiación tuviera que salir nuevamente del vidrio al aire para llegar hasta la célula. Este material, que debe tener, en consecuencia, un índice de refracción, ya que mantiene cierta plasticidad que permite absorber las tensiones originales por posibles golpes y dilataciones diferenciales que puedan producirse. El material usado que reúne estas características es el EVA (Etileno-vinil-acetato), material que sufre un proceso de curado a temperaturas de 120 °C tras el cual conserva cierta plasticidad. El EVA se degrada cuando se le somete a temperaturas y niveles de iluminación elevados como los que aparecen en sistemas de concentración y actualmente, se investiga en aditivos para conferirle mayor resistencia en esas condiciones. También se pueden emplear, especialmente en sistemas con concentración, determinados elastómeros compuestos de silicona.

La cubierta posterior suele ser de Tedlar, aunque también se puede emplear otro vidrio de forma que los paneles se puedan emplear como cerramientos semitransparentes en edificios. Figura N° 04.

Finalmente se coloca el marco que, por lo general, se fabrica de aluminio y aparte de servir de protección facilita el montaje en las instalaciones.

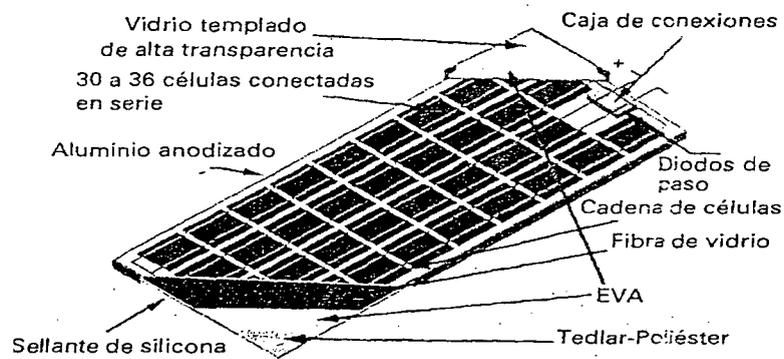


Figura Nº 04 Componentes de un Panel Fotovoltaico.

Fuente De Juana Sardon (2003)

1.8. GENERADOR FOTOVOLTAICO.

1.8.1 EL PANEL FOTOVOLTAICO. CONEXIÓN DE CÉLULAS EN SERIE Y PARALELO.

De Juana Sardon (2003). Por lo general, la tensión proporcionada por una sola célula no tiene utilidad ya que alcanza valores del orden de 0,6 V a circuito abierto en células de silicio, cuando la mayoría de los circuitos en corriente continua funcionan con tensiones como mínimo de 5 voltios. Es necesario, por tanto, conectar un determinado número de células para conseguir tensiones de utilidad. Los paneles fotovoltaicos más habituales están constituidos por un número de células conectadas en serie que varía entre 30 y 36.

Además, los paneles tendrán que conectarse, en serie o paralelo, para que sean capaces de proporcionar la tensión e intensidad nominales de la instalación, constituyendo el generador fotovoltaico propiamente dicho. En

la figura N°- 05 se representan las curvas características de una célula y de sus asociaciones en serie y paralelo.

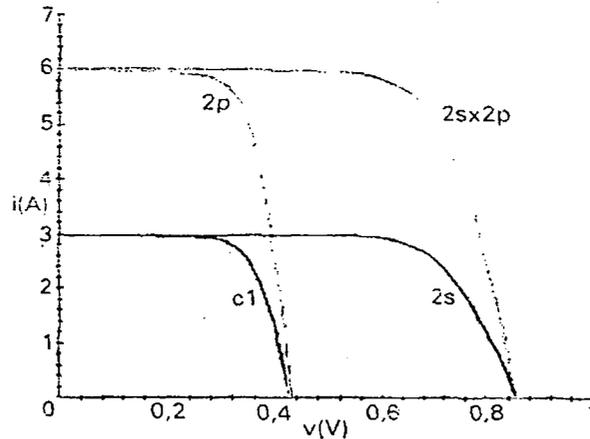


Figura N° 05. Curvas Características de una célula y asociaciones en serie y paralelo

Fuente De Juana Sardon (2003)

c1: 1 célula

2s: 2 células en serie

2p: 2 células en paralelo

2 s x 2p: Asociación en paralelo de dos grupos, cada uno con dos células en serie.

Un panel fotovoltaico se suele caracterizar por su potencia pico, que es la potencia que suministraría en el punto de máxima potencia y en condiciones estándar, es decir bajo una irradiancia de 1 kW/m^2 , una temperatura de célula de $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

El rendimiento máximo de un panel suele ser algo menor que el rendimiento máximo de las células individuales en 1 ó 2 puntos de %, debido, en parte, a los espacios que quedan irremediablemente sin cubrir con material fotovoltaico (separación entre células y marco del bastidor).

Por otra parte, debido a la dispersión de los parámetros característicos de las células, la potencia máxima de la asociación no es igual a la suma de las potencias máximas de las distintas células y en este sentido se puede hablar de un rendimiento de la asociación.

Las células fotovoltaicas son muy frágiles y sensibles a la humedad y al polvo por lo que para su utilización en las instalaciones deben protegerse de forma adecuada mediante una superficie transparente que suele ser de vidrio Templado de bajo contenido en hierro y un material de encapsulado que impida la entrada de agua y de polvo. El panel fotovoltaico se completa con un marco, que suele ser de aluminio, para darle mayor protección y facilitar su momento en las instalaciones.

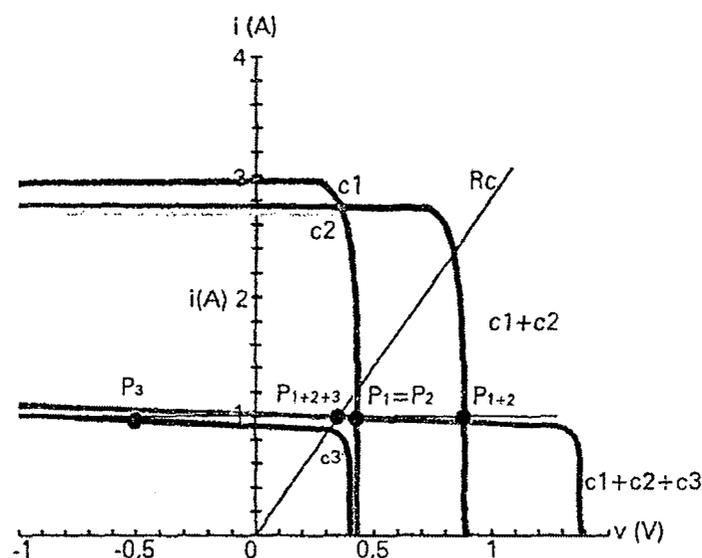


Figura N° 06. Curvas características de respuesta y puntos de funcionamiento de 3 células conectadas en serie.

1.8.2. ASOCIACIÓN EN SERIE.

Si debido a defecto de fabricación o por la formación de sombras, la intensidad de cortocircuito de una célula se ve reducida, la intensidad que

recorre la asociación serie puede quedar por encima y la célula quedaría trabajando con tensión negativa, disipando potencia como si de un receptor se tratara. Se dice que se ha formado un punto caliente que puede destruir la célula y para evitarlo se pueden instalar diodos que cortocircuiten la célula anulándola en estas circunstancias. Son los diodos de by-pass o de paso, que se suelen incorporar a los paneles aunque no para cada célula individualmente sino por grupos.

En la figura N°- 06 se indica la curva característica global de una asociación en serie de 3 células c_1 , c_2 y c_3 con curvas características distintas, donde se puede ver como se suman las tensiones. Curvas tan dispares pueden ser el resultado de zonas en sombra sobre la superficie del panel, por lo que se debe cuidar que esto no suceda pues se podrían destruir las células que actuaran como receptores.

En la figura N°- 06 el punto P_{1+2+3} representa el punto de funcionamiento del sistema formado por un panel de 3 células en serie con una resistencia externa R_c determinado por la intersección de la recta característica de la resistencia de carga y la curva característica resultante de la asociación. Los puntos de trabajo de las distintas células resultan ser P_1 , P_2 y P_3 . Se observa como la célula c_3 queda funcionando con tensión negativa y por tanto disipando potencia.

1.8.3. ASOCIACIÓN EN PARALELO.

Dentro de un panel se pueden conectar en paralelo varios grupos de células conectadas a su vez en serie, aunque lo más frecuente es que conexión paralelo se haga entre paneles.

Si la tensión de trabajo para un grupo de células conectadas en serie o para un panel supera su tensión de circuito abierto la intensidad se invierte y funcionaría, igualmente, como receptor. Para impedirlo se suele disponer, en estos casos, un diodo de bloqueo. Por lo general, esta situación no suele presentarse, sin embargo, más frecuente que no coincidan las tensiones a las cuales se produce la potencia máxima. En este caso las distintas agrupaciones no podrán funcionar en su punto de máxima potencia y la máxima potencia de la asociación resulta inferior a la suma de las potencias máximas (Figura N° 07).

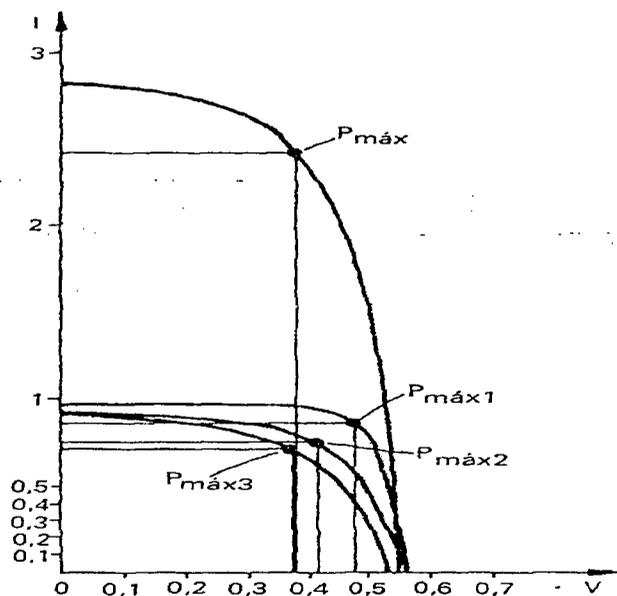


Figura N° 07. Características individuales y globales de 3 células conectadas en paralelo con curvas características distintas.

Fuente De Juana Sardon (2003)

Debido a la dispersión en los valores de parámetros característicos de las células, tanto en la asociación serie, como paralelo, la potencia máxima de la asociación suele ser algo menor que la suma de potencias máximas de las células individuales. Si además, se tiene en cuenta que un panel

fotovoltaico tiene parte de su superficie sin cubrir con células fotovoltaicas, el rendimiento máximo del panel definido como el cociente entre la potencia eléctrica producida en el punto de máxima potencia y la potencia de la radiación incidente en su superficie, es ligeramente inferior al rendimiento máximo de las células utilizadas en su fabricación.

1.8.4. OTROS COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.

De Juana sardón (2003). En este apartado se trata todos los componentes de una instalación solar fotovoltaica analizando previamente la necesidad de cada uno. Se comienza con el análisis de una instalación formada por un panel y una carga representada en a la figura 08.

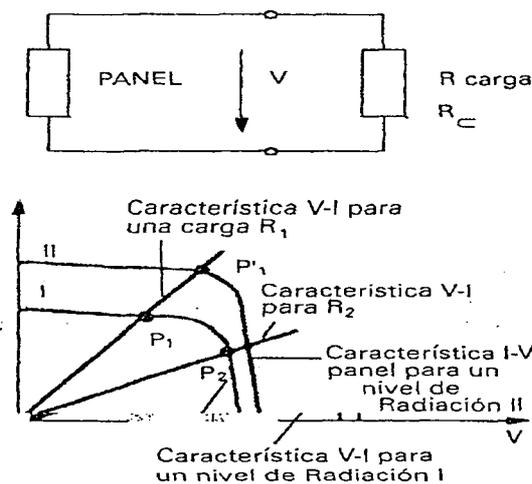


Figura Nº 08. Determinación del punto de funcionamiento en un sistema panel-carga.

Si la carga R, varía y el nivel de radiación I se mantiene, la tensión y la intensidad que circula en la carga varían, siendo los puntos de funcionamiento P1 y P2. Si el nivel de radiación varía pasando de I a II, la tensión e intensidad en una carga R_c constante también varían, variando la posición de los puntos de funcionamiento P1 y P₁' a lo largo de la recta

$$v=ixR_c-$$

Para evitar variaciones de v-i considerables en la carga (efecto tampón) y satisfacer la demanda de energía cuando falte la radiación solar, se recurre al empleo de baterías.

1.9. SISTEMAS DE ACUMULACIÓN.

Cuando en instalaciones aisladas de la red eléctrica se necesite energía durante la noche o en periodos de varios días nublados consecutivos se hace preciso utilizar algún sistema de acumulación. La energía solar fotovoltaica se puede acumular en las siguientes formas: producción y almacenamiento de aire comprimido, producción y almacenamiento de energía térmica, producción y almacenamiento de hidrógeno, almacenamiento de energía cinética en volantes de inercia, baterías electroquímicas y en forma de energía potencial hidráulica. De entre todas estas posibilidades, la acumulación en baterías electroquímicas es la más utilizada y la más económica en la mayoría de los casos. De las otras alternativas, algunas están en desarrollo, como la producción de hidrógeno para utilizar en pilas de combustible ó los volantes de inercia de alta velocidad, y otras pueden ser interesantes dependiendo de la aplicación, como el aire comprimido cuando se va a utilizar directamente o asociado con turbinas de gas y la elevación de agua cuando se utiliza para abastecimiento de agua o riego y siempre que se disponga de los depósitos apropiados. No parece, por otro lado, tener mucho sentido el producir energía eléctrica para transformarla en calor, una energía de menor calidad por el hecho de tener menos capacidad de ser transformada.

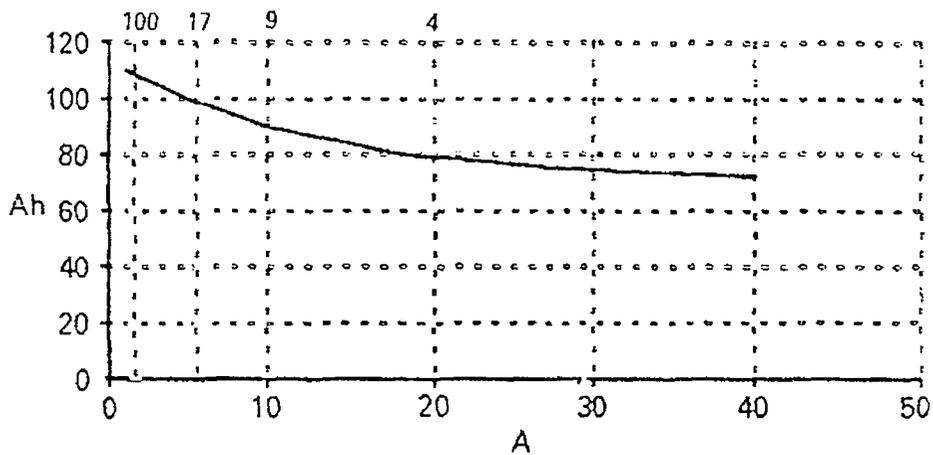


Figura N° 09. Capacidad de una batería según el régimen de descarga.

Las baterías más utilizadas son las de plomo-ácido, similares a las utilizadas en automoción, en las que dos electrodos, el cátodo (negativo) de dióxido de plomo y el ánodo (positivo) de plomo metálico, sufren procesos de reducción y oxidación, respectivamente, en el seno de un electrolito de ácido sulfúrico, transformándose en sulfato de plomo y agua. El sulfato de plomo que se va formando en la superficie del electrodo hace disminuir la tensión de la batería, su capacidad y la corriente máxima que puede proporcionar. En el electrolito se va consumiendo ácido por lo que la

Entre los acumuladores de plomo-ácido podemos distinguir baterías de arranque de automóviles, baterías de tracción en vehículos eléctricos y baterías estacionarias utilizadas en sistemas de alimentación ininterrumpida.

Las baterías utilizadas en aplicaciones fotovoltaicas permanecen durante largos periodos con carga parcial y sus descargas se producen lentamente en periodos de más de 100 horas estando sometidas por lo general a un ciclado diario de carga y descarga parcial. Deben tener baja

auto-descarga y exigir un escaso mantenimiento por lo que ninguno de los tipos señalados se adapta bien a estas exigencias, aunque, con ligeras modificaciones, las que mejor se adaptan son las baterías estacionarias y las baterías de tracción.

En la actualidad es frecuente que las baterías utilizadas en aplicaciones fotovoltaicas se fabriquen con envase transparente para poder realizar un control visual de su estado de conservación y del nivel del electrolito. Se comercializan en algunos casos como celdas individuales de forma que se pueda configurar el acumulador para la tensión más adecuada.

Las baterías se caracterizan por su Capacidad, que representa la carga eléctrica que son capaces de almacenar. Como la unidad de carga eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades, que tiene un valor muy pequeño, se suele emplear como unidad el amperio-hora (Ah), equivalente a 3600 C.

La capacidad de una batería es función del régimen de carga y descarga y de la temperatura, disminuyendo conforme la descarga se hace más rápida y aumentando ligeramente con la temperatura. Los fabricantes proporcionan datos de capacidad de sus baterías para cargas y descargas de distinta duración de forma que, por ejemplo C10, representa la capacidad de la batería para una descarga de 10 horas y C100 la capacidad de la batería para una descarga de 100 horas.

La capacidad también se ve afectada por el número de ciclos acumulados y el final de la vida de una batería se establece en el momento que su capacidad se ha reducido en un 80 % de su capacidad nominal.

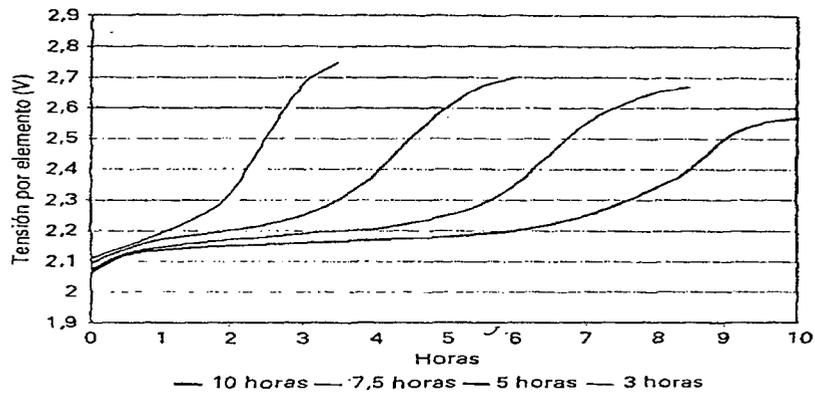


Figura Nº 10. Tensión por elemento en función del régimen de carga.

En las figuras Nº 10 y 11 se representan las curvas de tensión de una batería durante los ciclos de carga y descarga a distintos regímenes.

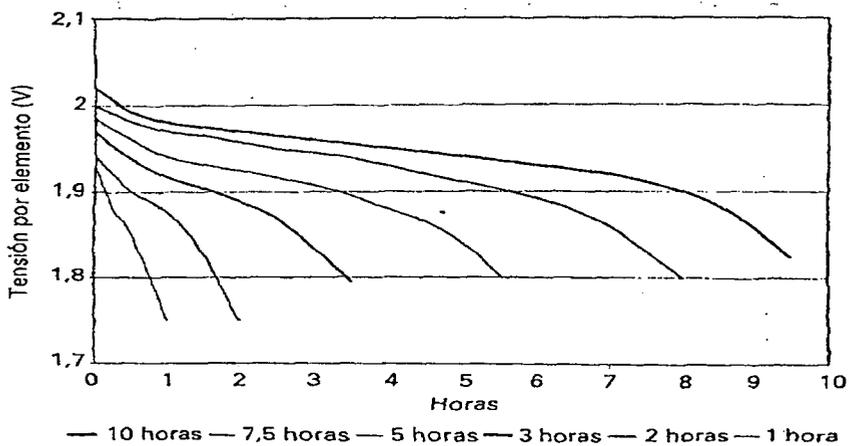


Figura Nº 11. Tensión por elemento en función del régimen de descarga.

La profundidad de la descarga de un acumulador es el porcentaje de la carga completa que ha sido utilizado y un valor recomendado en instalaciones fotovoltaicas es el 40%, cuando se trata de acumuladores estancos sin mantenimiento. En baterías estacionarias que soportan descargas profundas el nivel de descarga puede llegar al 70% o incluso al

80%. Mientras mayor sea la profundidad de la descarga la vida de la batería se reducirá en mayor medida.

En lo que hace referencia al rendimiento de la acumulación, se puede distinguir entre rendimiento de la carga o capacidad, η_c y rendimiento de energía, η_e que se expresan de la siguiente forma:

$$\eta_c = (\text{Capacidad en descarga} / \text{Capacidad en carga}) \cdot 100$$

$$\eta_e = (\text{Energía utilizable de la batería} / \text{energía utilizada durante el proceso de carga}) \cdot 100 \cong (70 - 90 \%).$$

Estos rendimientos no se deben olvidar cuando se determina la demanda energética de una instalación.

Los parámetros característicos de distintos tipos de baterías se presentan Entre todas las baterías, las más interesantes suelen ser las de plomo-ácido, que tienen un precio económico por responder a una tecnología muy difundida y una larga vida útil.

1.10. SISTEMAS DE REGULACIÓN.

La instalación de una batería de acumuladores en un sistema fotovoltaico introduce algunas características que obligan a instalar nuevos elementos de regulación y protección para el buen funcionamiento del mismo y que están identificados y situados en la instalación según se especifica en la figura 12 por las letras A, B y C.

La necesidad del dispositivo "A" se establece como consecuencia de que el generador solar se convierte en receptor, comportándose como un diodo con polarización directa, cuando la batería está conectada durante las horas nocturnas y la fotocorriente del panel fotovoltaico es nula. Este

dispositivo tiene como misión bloquear la corriente procedente de la batería abriendo el circuito en este punto por medio de un sistema automático o simplemente mediante un diodo cuya intensidad inversa de saturación es muy pequeña.

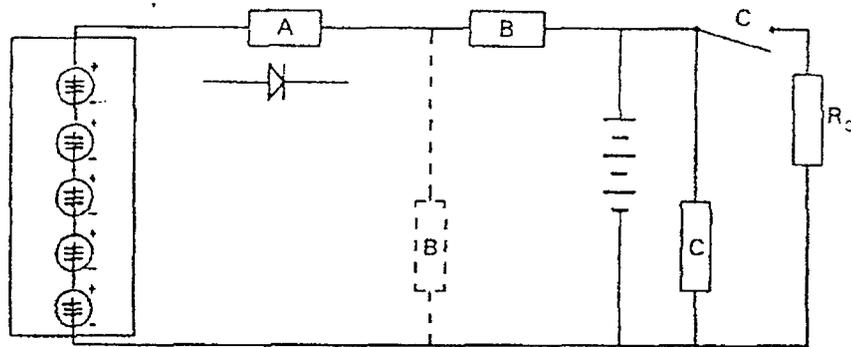


Figura Nº 12. Dispositivos de regulación.

El dispositivo B es necesario para alargar la vida de la batería evitando tensiones de carga elevadas que implican un ritmo de carga mayor del permitido por el acumulador.

Tabla 4.1. Valores característicos de distintos tipos de baterías.

Propiedad	1	2	3	4	5
	Plomo-ácido	Li /FeS ₂	Na/S	NiCd	ZnCl
V _{máx} (V)	2,5	2,4	2,75	1,35	2,12
V _{mín} (V)	1,75	1	1,18	-	1,98
Temperatur	25	400	31	-	32
Rendimient	70-80	70	8	-	70
Vida en	1500(2000)	200-1000	200-1500	1500-3000	100-500
Densidad	150-200	170	200	200	150

Fuente De Juana Sardon (2003)

Si el panel, en un momento determinado, produce más corriente que la necesaria para unas condiciones de carga de la batería, es imprescindible un elemento disipador de la energía sobrante y, en consecuencia, atenuar

la tensión que se aplica a la batería en ese instante. El dispositivo B, por tanto, es un regulador de tensión.

Normalmente la máxima intensidad que puede dar el generador fotovoltaico está limitada por su característica $i-v$ y no es necesario establecer un proceso de carga predeterminado por diferentes tensiones durante la carga. El regulador queda reducido, por consiguiente, a un limitador de tensión máxima de carga en función de la temperatura de la batería.

Los reguladores de tensión pueden ser lineales o conmutados. Los reguladores lineales pueden clasificarse en reguladores serie y reguladores paralelo (figura 13), dependiendo de cómo se instala el elemento activo de regulación. En ambos casos el elemento activo equivale a una resistencia eléctrica variable en donde se produce la disipación de energía sobrante del panel con objeto de que la tensión máxima de carga de la batería no sea rebasada. Como elementos activos se emplean transistores que permiten variar de forma continua la resistencia entre sus terminales colector y emisor. Debido a los problemas de disipación de potencia en el elemento regulador la utilización de los reguladores lineales queda restringida a sistemas de pequeña potencia.

Los reguladores de tensión conmutados actúan desconectando la batería del generador mediante un interruptor conectado en serie con el panel que puede ser un dispositivo electromecánico de tipo relé o estático utilizando transistores. Estos dispositivos pueden controlar el valor de la tensión a su salida para que sea el más adecuado al estado de carga de

la batería, mediante el ajuste de los tiempos de conducción y apertura en ciclos de corta duración y utilizando filtros de condensadores. Deben tener en cuenta la variación con la temperatura de la tensión correspondiente a una carga completa.

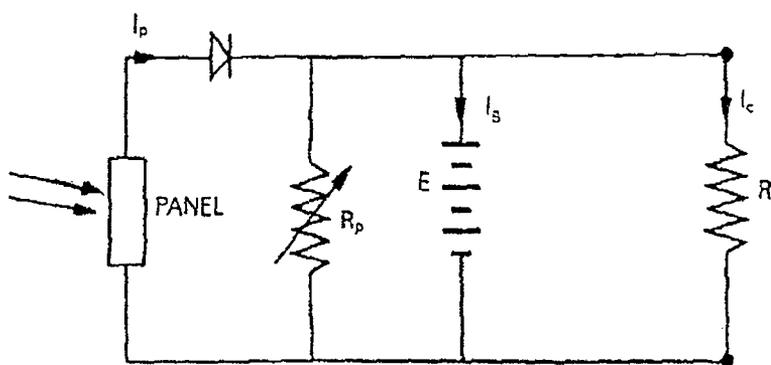


Figura N° 13. Regulador lineal paralelo

El dispositivo C es necesario para evitar que la batería se descargue por debajo de un cierto nivel y, en consecuencia, con objeto de evitar la destrucción de la misma, deberá desconectar los receptores cuando se llega a este nivel de descarga. Ello se consigue mediante un relé, R_T , De mínima tensión, asociado al contactor de potencia, C, que desconecta el conjunto de los Receptores, según se representa en la figura 14.

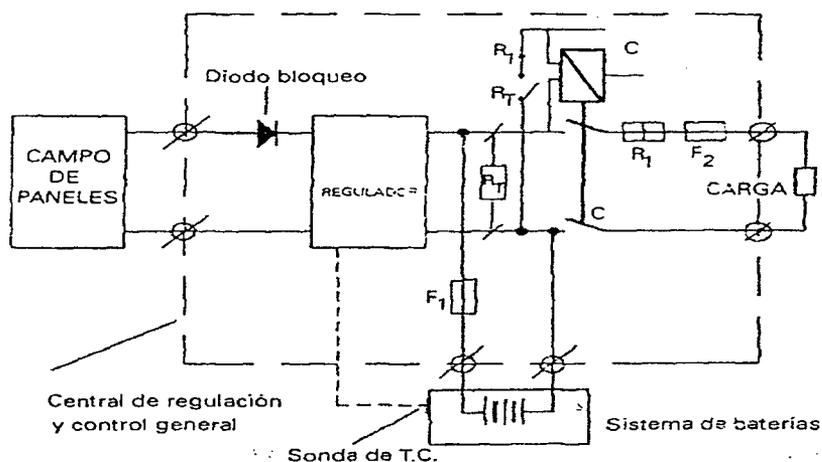


Figura N° 14. Sistema de control y regulación.

1.11. INVERSORES Y CONVERTIDORES. .

Según Lorenzo, E. (1994). En una instalación fotovoltaica también pueden instalarse otros elementos de gran importancia técnica y entre ellos cabe señalar los inversores, que son dispositivos electrónicos que transforman la corriente continua en corriente alterna y permiten tanto utilizar los receptores para este tipo de corriente, como la conexión de los sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica (red pública de distribución de energía eléctrica).

Los inversores, que son convertidores DC/AC, se basan en el empleo de dispositivos electrónicos que actúan a modo de interruptores permitiendo interrumpir las corrientes y conmutar su polaridad. Se pueden distinguir inversores de conmutación natural e inversores de conmutación forzada o auto conmutados.

Los primeros requieren una conexión a la red eléctrica de corriente alterna de forma que mediante conmutación se controla el flujo de energía en el sentido deseado. También son conocidos como "inversores conmutados por la red" por ser ésta la que determina el fin del estado de conducción en los dispositivos electrónicos, que suelen ser tiristores. Los tiristores tienen como característica que dejan de conducir al hacerse nula la intensidad de la corriente y no vuelven a hacerlo hasta recibir un impulso de disparo. El control se limita a establecer el inicio del estado de conducción en el momento adecuado dentro de cada ciclo.

Los inversores auto conmutados permiten, mediante conmutación forzada, que se refiere a la apertura y cierre forzados por el sistema de

control, generar corriente alterna sin necesidad de conectarse a una red de corriente alterna exterior. Pueden ser de salida escalonada y de modulación de anchura de pulsos (PWM), con los que se pueden conseguir salidas prácticamente sinusoidales y por tanto con poco contenido de armónicos.

Los inversores de conmutación forzada son autónomos y pueden emplearse en instalaciones aisladas, como son las aplicaciones de bombeo de agua, y permitiendo, dependiendo de los tipos, variar la tensión eficaz y la frecuencia de salida. Con los inversores de modulación de anchura de pulsos se consiguen rendimientos superiores al 90%, incluso con bajos niveles de carga, mientras que los inversores de salida escalonada contienen armónicos que producen pérdidas de potencia y reducen su rendimiento por debajo del 80%, especialmente cuando trabajan alejados de la carga nominal. En las instalaciones conectadas a la red de distribución, aunque los inversores de conmutación natural eran los más utilizados, actualmente están siendo desplazados por los inversores de conmutación forzada con modulación de anchura de pulsos conforme se desarrollan los transistores del tipo IGBT para mayores niveles de tensión y de corriente. Los convertidores DC/DC son otro tipo de convertidores que utilizando condensadores, bobinas y dispositivos de conmutación, permiten transformar la corriente continua en corriente continua de otros valores de tensión e intensidad manteniendo la potencia y pueden utilizarse para realizar el seguimiento del punto de máxima potencia del sistema generador.

1.12. RECEPTORES, CONDUCTORES Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.

Markvart T, (1994). Solar electricity, John Wiley & Sons. Los receptores que se utilizan en las instalaciones fotovoltaicas además de tener una tensión nominal acorde con la proporcionada por el generador, deberán ser válidos para corriente continua cuando no se quiera recurrir a un inversor y seleccionarse cuidadosamente para que hagan un uso de la energía con la mayor eficiencia posible. Así, por ejemplo, en alumbrado, en lugar de utilizar lámparas de incandescencia, se deberán utilizar lámparas fluorescentes con equipo electrónico de encendido y regulación con lo que se eliminan las pérdidas en la reactancia instalada habitualmente.

Los conductores tendrán un aislamiento adecuado y sus secciones se elegirán siguiendo la reglamentación de forma que no se calienten por encima de la temperatura soportada por el aislamiento, ni que la caída de tensión producida, impida el buen funcionamiento de los receptores. Las secciones también deberán elegirse de manera que las pérdidas de potencia por efecto Joule se mantengan suficientemente bajas, generalmente inferiores al 5% de la potencia instalada, si no se quiere incurrir en un coste económico innecesario. Es esta última condición la más restrictiva en instalaciones con niveles bajos de tensión nominal (12, 24 V) de manera que, cuando los consumos se encuentran algo alejados del sistema generador, obliga a utilizar tensiones nominales más elevadas si no se quiere recurrir a secciones antieconómicas.

En las instalaciones fotovoltaicas se utilizarán protecciones térmicas y/o magnéticas frente a sobre intensidades. Estas protecciones se realizarán de manera que se protejan tanto los conductores como las baterías, no tanto por motivo del sistema generador, cuya intensidad queda limitada por su propia naturaleza, sino por la que puedan proporcionar las baterías. Los reguladores de carga de las baterías suelen incorporar como elementos de protección fusibles o interruptores automáticos pero, independientemente, se estará sujeto a los preceptos de la reglamentación de Baja Tensión. Las protecciones de tipo diferencial frente a los contactos indirectos se emplearán siempre en el lado de corriente alterna de los inversores.

Las masas metálicas de los paneles fotovoltaicos y otros dispositivos instalados en edificios quedarán conectadas a tierra según obliga la reglamentación. En instalaciones fotovoltaicas de cierta extensión, las descargas atmosféricas en lugares próximos pueden inducir en los conductores sobretensiones destructivas, por lo que se deberán emplear dispositivos limitadores de tensión como los varistores conectados entre dichos conductores y tierra.

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

2.1. MATERIALES Y EQUIPOS.

Los materiales y equipos utilizados para realizar el trabajo de campo y gabinete, son los siguientes:

- 01 Teodolito digitalizado
- 01 nivel de Ingeniero
- 02 Miras estadimetricas
- 01 brújula
- 01 altímetro
- 04 jalones
- 01 wincha de 50 metros
- ¼ de pintura esmalte
- 01 brocha
- 01 bolsa de yeso
- Libretas de campo

- 01 computadora
- Papel bond
- 01 impresora
- 01 fotocopidora

2.2 CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO

2.2.1 TOPOGRAFIA DEL TERRENO

La zona donde se ejecutó el presente proyecto cuenta con una topografía de pendiente suave, relativamente llano, de forma irregular, escasas llanuras y praderas. El terreno está considerado apto para la construcción e instalación de los paneles solares, cumpliendo con las normas que especifica en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.2.2 CLIMA

La zona forma parte de la Región climatológica Yunga Fluvial, Selva alta o Rupa Rupa, por estar en una altitud aproximada de 970.00 m.s.n.m, se caracteriza por su clima cálido y tupido vegetación entre arbustiva y boscosa, con una humedad relativa promedio anual de 85% y con precipitaciones que van de 1800 a 2200 m.m anual, principalmente durante los meses de Octubre a Abril, la temperatura oscila entre 18 y 35°C, con registros mayores en los meses de Mayo a Setiembre que definen dos épocas muy diferenciadas ; Abundantes lluvias entre los meses de Noviembre a Marzo y sequia en el periodo de Abril a Setiembre. Los suelos que presentan en esta zona son frecuentemente arcillosos, con variación productiva principalmente forestal, seguida por la actividad

agrícola, constituyen el principal potencial productivo de las familias. Una parte de estos suelos corresponden a bosques con especies maderables y arbustivas y la otra parte corresponden al cultivo de café, maní, caña, maíz amarillo, frijol, yuca, coca y otros. Por otro lado quedan tierras sin explotar principalmente abandonadas por la violencia, tierras degradadas por el cultivo de la coca y otras tierras inundadas por los ríos convertidos en bosques y pantanos. En esta zona mantener una parcela productiva significa limpiar constantemente las malezas, arbustos, porque rápidamente se recupera la cobertura vegetal por las condiciones ecológicas de la zona.

2.3 METODOLOGIA DEL ESTUDIO

La metodología de trabajo que se determinó para el desarrollo del presente proyecto se realizó bajo 02 fases:

2.3.1. FASE 1 (TRABAJOS DE CAMPO)

Se realizó el reconocimiento y se diagnóstico la zona donde se ejecutó el presente proyecto y se realizó las siguientes averiguaciones en la zona de estudio.

2.3.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.3.1.2. UBICACIÓN POLITICA

Región : Ayacucho
Departamento : Ayacucho
Provincia : La Mar
Distrito : San Miguel
Localidad : Paquichari

2.3.1.3. UBICACIÓN GEGRAFICA

Altitud : 970.00 m.s.n.m.

Latitud Sur : 12° 49' 17"

Longitud Oeste : 73° 42'

2.3.1.4. LIMITES

- Por el Norte : Comunidad de Anchiuay
- Por el Sur : Comunidad de Monterrico
- Por el Este : Comunidad de Villarica
- Por el Oeste : Comunidad de Sanabamba

2.3.1.5. VIAS DE ACCESO

RUTA 1

- Ayacucho – Quinua Carretera Asfaltada – 35 Km – Tiempo Recorrido 01 Hora
- Quinua. Tambo Carretera Afirmada – 49 Km – Tiempo Recorrido 02 Horas
- Tambo – San Francisco Carretera Afirmada – 102 Km – Tiempo recorrido 04 Horas
- San francisco – Santa Rosa – Monterrico Carretera afirmada – 73 Km Tiempo 02 Horas
- Monterrico – Paquichari – Trocha Carrozable – 10 Km- Tiempo Recorrido ½ Hora

RUTA 2

- Ayacucho – Quinua Carretera Asfaltada – 35 Km – Tiempo Recorrido 01 Hora

- Quinua. Tambo - San Miguel Carretera Afirmada – 60 Km –
Tiempo Recorrido 02.5 Horas
- San Miguel – Pacobamba – Chiquintirca, Carretera Afirmada, 85
km – tiempo Recorrido. 02 Horas
- Chiquintirca – Tocate – Isoqasa – Monterrico, Carretera. Afirmada,
70 Km, Tiempo Recorrido 02 Horas
- Monterrico – Paquichari, Carretera trocha Carrozable, 10Km,
tiempo recorrido, ½ hora

2.3.1.6. ASPECTOS ECONOMICOS.

2.3.1.7. ACTIVIDAD ECONÓMICA:

La actividad económica que realiza la Comunidad de Paquichari se centran mayormente a la producción de cultivos tales como: coca, maní, cacao, achote, café destinado en mayor porcentaje al comercio.

2.3.1.8. ASPECTOS SOCIO ECONOMICOS.

Para la realización de este estudio socio económico se realizó una pequeña encuesta a la población de paquichari en la que consistió en una serie de preguntas.

1. Cuantas personas viven en una vivienda

Respuesta.- viven aproximadamente 06 personas

2. Con cuantos cuartos cuenta la vivienda.

Respuesta. 02 cuartos, + 01 cocina.

3. Cuantos focos y que equipos electrodomésticos se utilizan con frecuencia.

Respuesta. 03 focos y los equipos electrodomésticos que se utilizan solo serían un televisor y una radio.

4. Cuanto es el ingreso económico familiar mensual.

Respuesta el ingreso económico familiar mensual es de S/ 450.00 a S/ 500.00 N.S

5. Cuanto gastas en compra de velas, pilas y carguío de batería por mes.

Respuesta el gasto que nos ocasiona estas compras es de S/40.00 a S/ 50.00 N.S

6. En caso de instalar los paneles solares en tu vivienda estarías dispuesto a cubrir los gastos de mantenimiento.

Respuesta si tendríamos la suerte de que nos instalen los paneles solares gustosamente pagaríamos el mantenimiento de dicho servicio por ser un ahorro en nuestra economía.

2.3.1.9. NIVEL TECNOLÓGICO

El nivel tecnológico es relativamente bajo en este distrito debido principalmente a su nivel de educación, ubicación geográfica, formación topográfica y posibilidades económicas de la población, debido a ello sus actividades se realizan de manera artesanal y en media escala.

2.3.1.10. VIVIENDA

Las casas están organizadas en el margen derecho e izquierda de la carretera, con provisión de agua entubada, el gran porcentaje de las viviendas están construidas a base de madera el primer y segundo piso, con techos cubiertos a base de palmeras, muy pocas viviendas están

construidas a base de adobes. Los techos cubiertos con planchas de calamina.

2.3.1.11. ASPECTOS SOCIALES

2.3.1.12. POBLACIÓN

En la Comunidad de Paquichari viven actualmente unos 140 habitantes haciendo un número de 20 familias. Los cuales se organizaron para solicitar la instalación de los paneles solares fotovoltaicas en cada lote o vivienda.

2.3.1.13. NIVEL DE VIDA

El nivel de vida de la población es precaria debido a las condiciones económicas no muy favorables (alto costo de vida y el bajo precio de los productos de la zona), lo que conlleva a bajos ingresos económicos que en su mayoría proviene de la agricultura y otros recursos de actividades como el comercio.

2.3.1.14. SERVICIOS EXISTENTES

Los servicios básicos con que cuenta la comunidad es:

- CLUB DE MADRES
- COMITÉ DE AUTODEFENSA
- IGLESIAS CATOLICAS Y EVANGELICAS.

2.3.1.15. EDUCACIÓN

Actualmente en la Localidad de Paquichari no cuentan con los servicios educativos y para la educación los niños se tienen que trasladar a las comunidades más cercanas que cuentan con los servicios educativos. Los centros educativos más cercanos son las Comunidades de Monterrico y la

Comunidad de Villarrica, a una distancia de 05 Km de herradura el tiempo que demoran los educandos es aproximadamente 02 horas en ida y vuelta.

2.3.1.16. SALUD

La Comunidad de Paquichari no cuenta con puesto de salud, para ser atendidos por un puesto de salud tienen que acudir a un puesto más cercano que es la posta de salud de Monterrico.

Las enfermedades que mayormente afectan a los niños son: la diarrea, parasitosis, gripe, bronco-neumonía y la fiebre. Las mujeres presentan por lo general cuadro de dolores estomacales, regla blanca o descensos) y dolores de cabeza. En los adultos las enfermedades más comunes son: dolores de estomago, dolores de cabeza, alcoholismo.

Se realizó el levantamiento topográfico de la comunidad de Paquichari con 01 brigada de trabajo conformada por 04 personas, los trabajos que se realizaron fueron los siguientes:

- a) Reconocimiento de toda la Comunidad de Paquichari guiados por el presidente de la Comunidad
 - Levantamiento topográfico de la zona utilizando los siguientes equipos de ingeniería.
 - 01 teodolito
 - 01 trípode
 - 01 mira
 - 01 wincha de 50 metros

- b) Levantamiento topográfico consistente en el levantamiento topográfico de manzaneo y lotización de la comunidad de Paquichari.

2.3.2. FASE 2 (TRABAJOS DE GABINETE)

En esta fase se realizó los trabajos de gabinete procesando los datos obtenidos en el campo y realizando algunas revisiones bibliográficas.

2.4. TRABAJOS DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO

2.4.1. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR.

1. Equipos y componentes

- 02 módulo fotovoltaico de 50 Wp
- 01 regulador de carga de 10 Amperios.
- 01 batería de 115 Ah de 12 Vdc.
- 03 luminarias compactas de 12 Watts.
- 01 llave termo magnética de 10 amperios
- 10 metros de conductor flexible bipolar vulcanizado 12 AWG, para conectar el módulo al regulador.
- 03 metros de conductor flexible bipolar vulcanizado 12 AWG, para conectar el regulador a la batería.
- 40 metros de conductor flexible bipolar vulcanizado 14 AWG, para conectar el regulador a las cargas (lámparas, TV, radio).
- 01 Soporte de módulo metálico
- 02 Tomacorrientes
- 03 soquetes
- 03 Interruptores

- Accesorios: tornillos, grapas para conductores eléctricos, estoboles, cinta aislante.

2. Herramientas e instrumentos

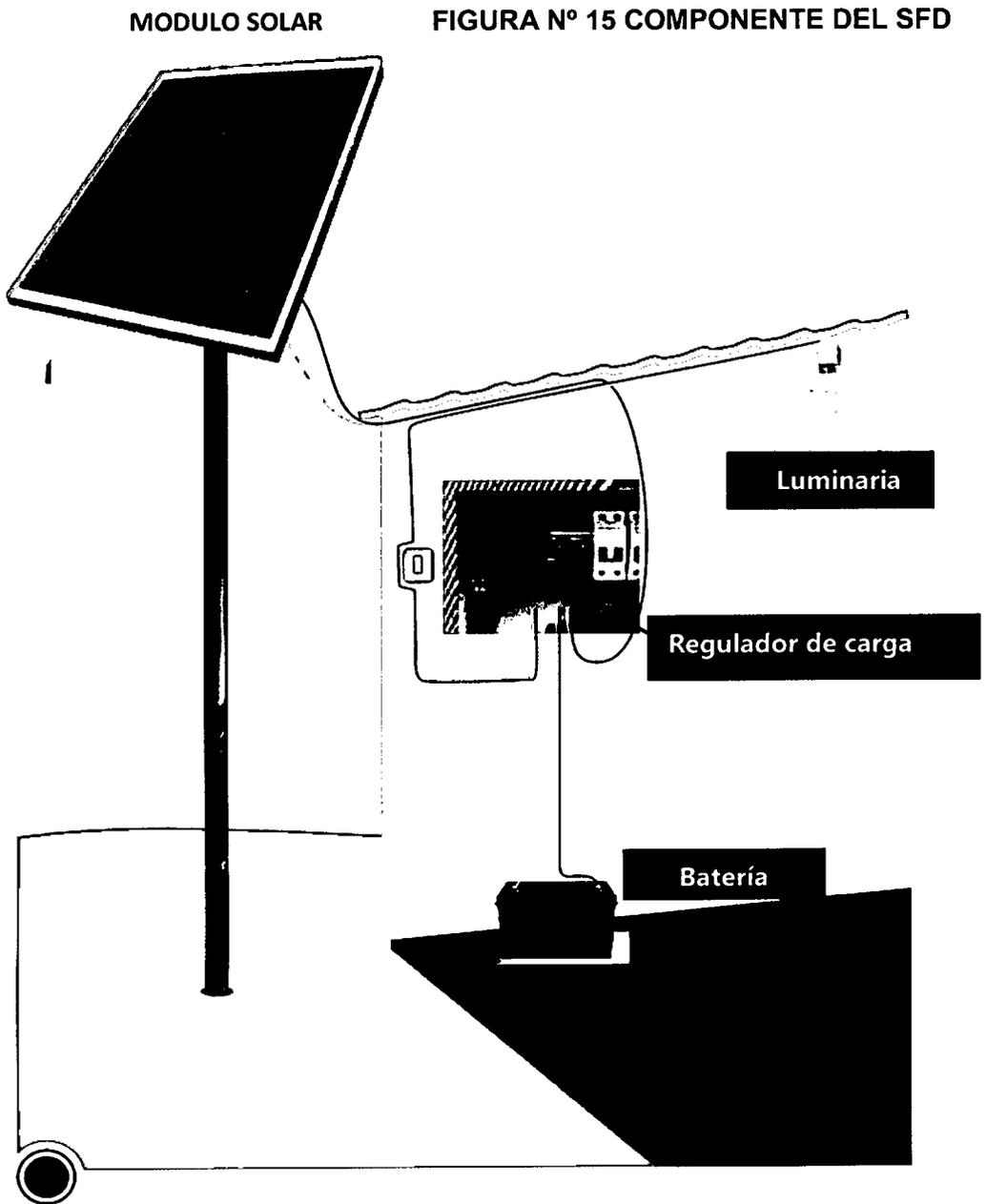
- Destornillador plano
- Destornillador estrella
- Alicates (de presión y de corte)
- Martillo
- Cuchilla pelacables
- Cintillos de seguridad
- Llave de boca de ½"
- Llave inglesa
- Sierra metálica
- Wincha (cinta métrica)
- Brújula
- Multímetro
- Eclímetro

2.4.2. COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO (SFD)

En la siguiente figura N° 15 observamos la forma de cómo está instalado los paneles solares con todos sus componentes en una vivienda familiar típica de la comunidad de Paquichari que consta de los siguientes componentes:

- Módulo solar.
- Luminaria

- Regulador de Carga
- Batería.
- Inversor



2.4.3. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SFD

2.4.3.1. MÓDULO FOTOVOLTAICO

- Su función básica es convertir la radiación solar en electricidad. La corriente producida por el módulo es corriente continua a una tensión de 12 VDC (voltaje de corriente continua).
- Un módulo está compuesto por la unión eléctrica de las celdas fotovoltaicas conectadas en serie (36 o 40 celdas) o paralelo que generan un voltaje y corriente continua, permitiendo la utilización de equipos eléctricos variados como radio grabadoras, luminarias, televisores, etc.
- Cada módulo en la parte posterior lleva dos cajas de terminales debidamente protegidas contra la intemperie, una es para los bornes positivos y otra para los negativos.
- Como se observa en la presente figura N° 16

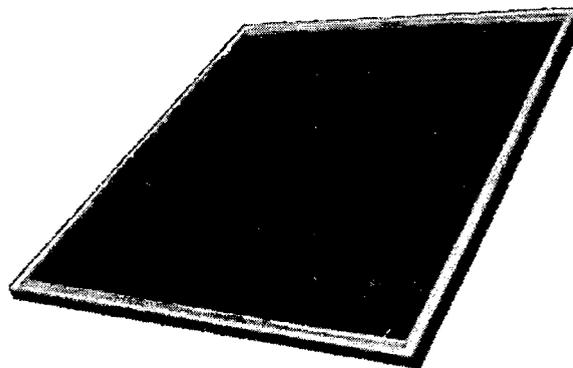


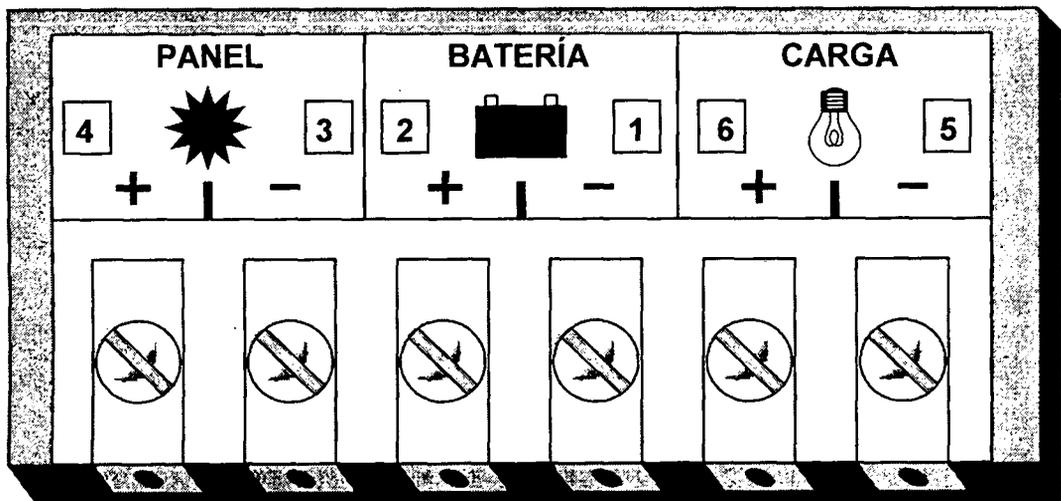
Figura N° 16 Modulo Fotovoltaico

2.4.3.2. REGULADOR DE CARGA

- Administra la energía generada por el módulo.
- Protege de cortocircuitos a todo el sistema y hace que la batería dure más tiempo.

- Protege contra la eventual corriente que pueda fluir de la batería hacia el módulo fotovoltaico en periodos sin sol.
- Protege la batería de los riesgos de sobrecarga y descarga profunda, regulando la entrada de corriente proveniente del módulo a la batería y la salida de corriente de la batería a las cargas (luminarias, radio, televisor).
- El regulador dispone de tres pares de conexiones (terminales), diferenciados por una figura representativa y con la polaridad específica, indicando dónde se debe conectar la batería, el módulo y las luminarias.

Es necesario respetar las polaridades (positivo y negativo) para no ocasionar un cortocircuito que dañaría el regulador de carga.



Conexiones (Terminales) del Regulador de Carga

Figura N° 17. Regulador de carga

2.4.3.3. BATERÍA

Almacena la electricidad generada por el módulo durante el día y la suministra a los equipos cuando lo necesiten.

La batería que se utilizó es de plomo – ácido que están diseñadas para ser utilizadas únicamente en sistemas fotovoltaicos.

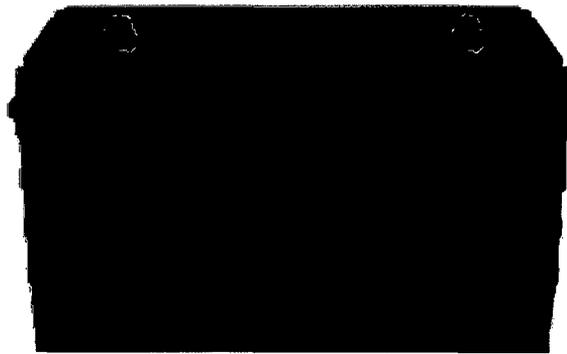


Figura N° 18. Batería

2.4.3.4. LUMINARIAS O LÁMPARAS

- Son de bajo consumo de energía y de alta eficiencia.
- Tiene un balasto electrónico de 12 VDC (10.5 a 14.5VDC).
- Tiene una protección contra polaridad invertida.
- El foco tiene 5000 horas de duración garantizada.



Figura N° 19 Lámparas

2.5. SECUENCIA DE INSTALACIÓN DEL SFD

Para la conexión del SFD se ha tenido en cuenta las siguientes, instrucciones de instalación.

- Tanto para instalar el sistema como para desconectarlo, se siguió la siguiente secuencia :
- Antes de iniciar la instalación se preparó y ubicó los equipos en su lugar, dejándolos listos para el cableado.

2.5.1. CONEXIÓN BATERIA – REGULADOR.

Se conectó la batería al regulador, con lo que el regulador quedó activado.

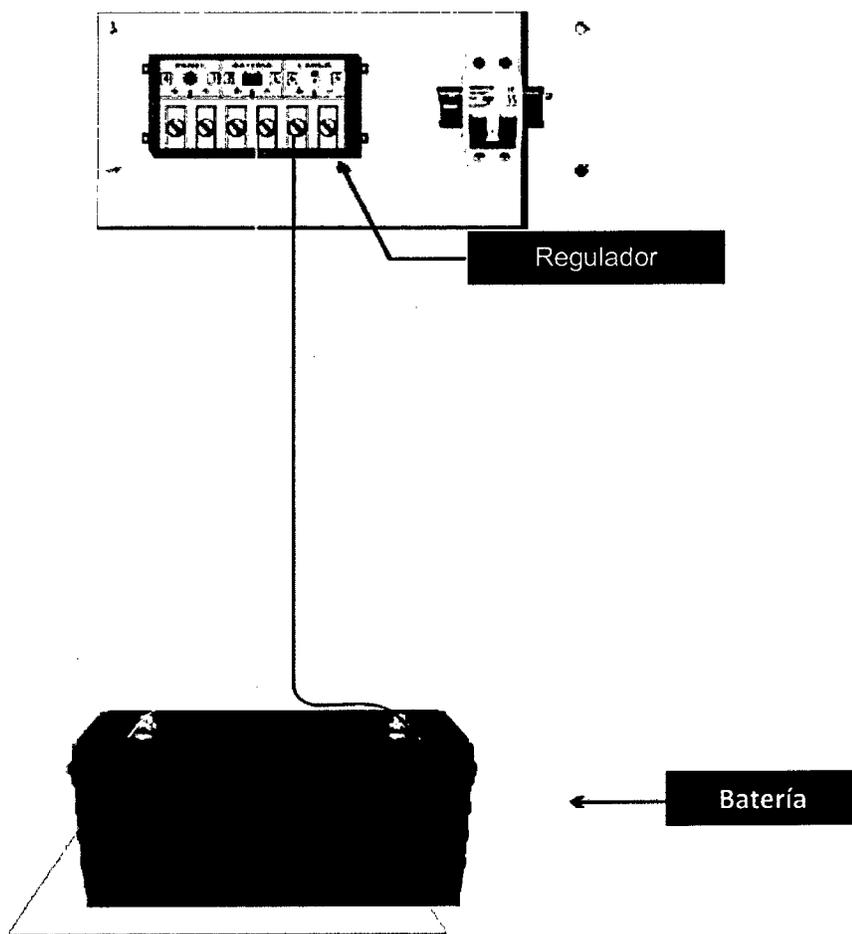
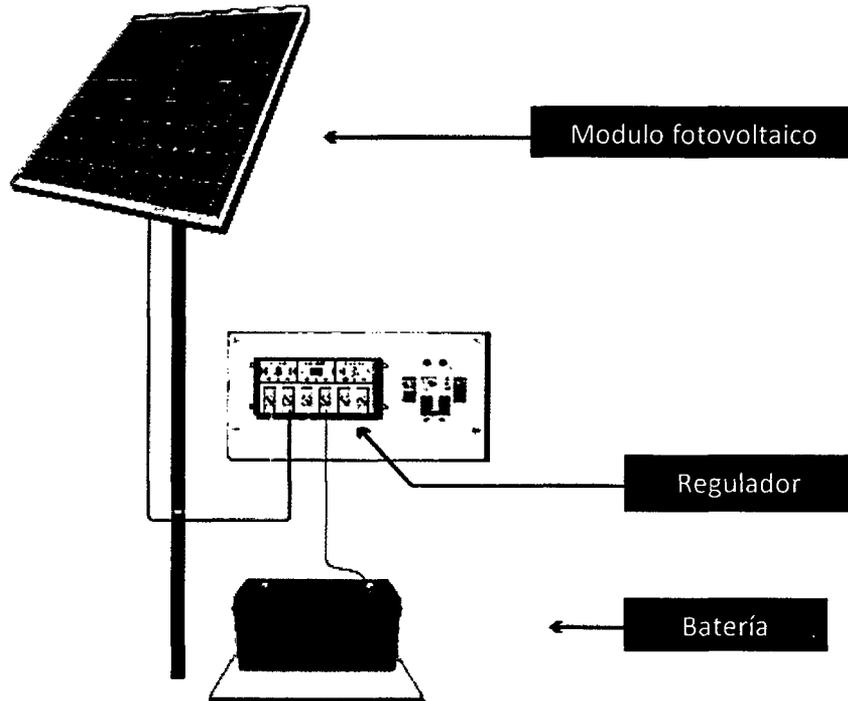
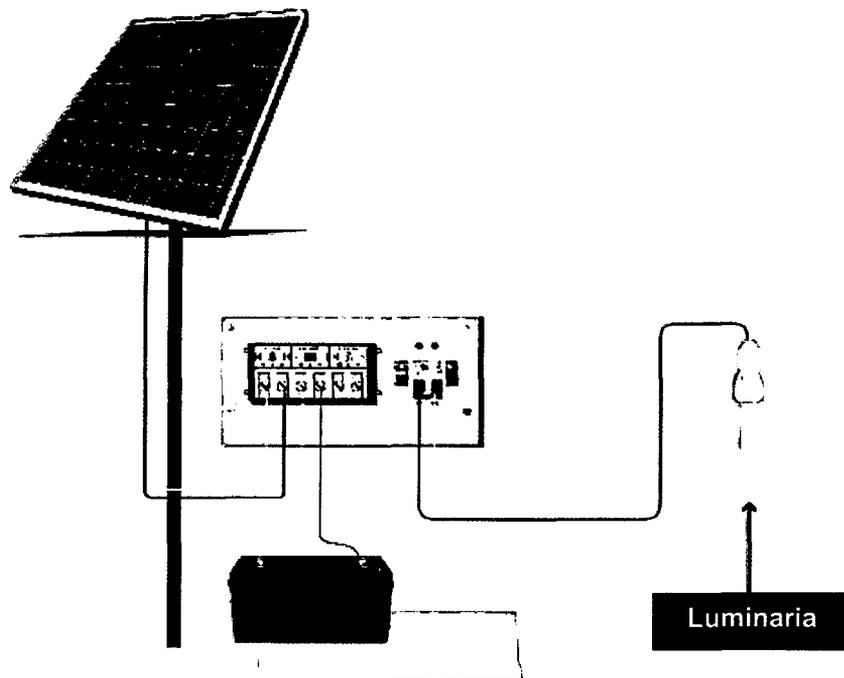


Figura N° 20. Conexión batería – regulador

2.5.2. CONEXIÓN REGULADOR – MÓDULO. Se conectó el regulador al módulo.



2.5.3. CONEXIÓN REGULADOR-CARGAS. Se conectó los equipos de consumo (televisor, focos, radio) a la toma del regulador de carga.



2.6. INSTALACIÓN DEL SFD.

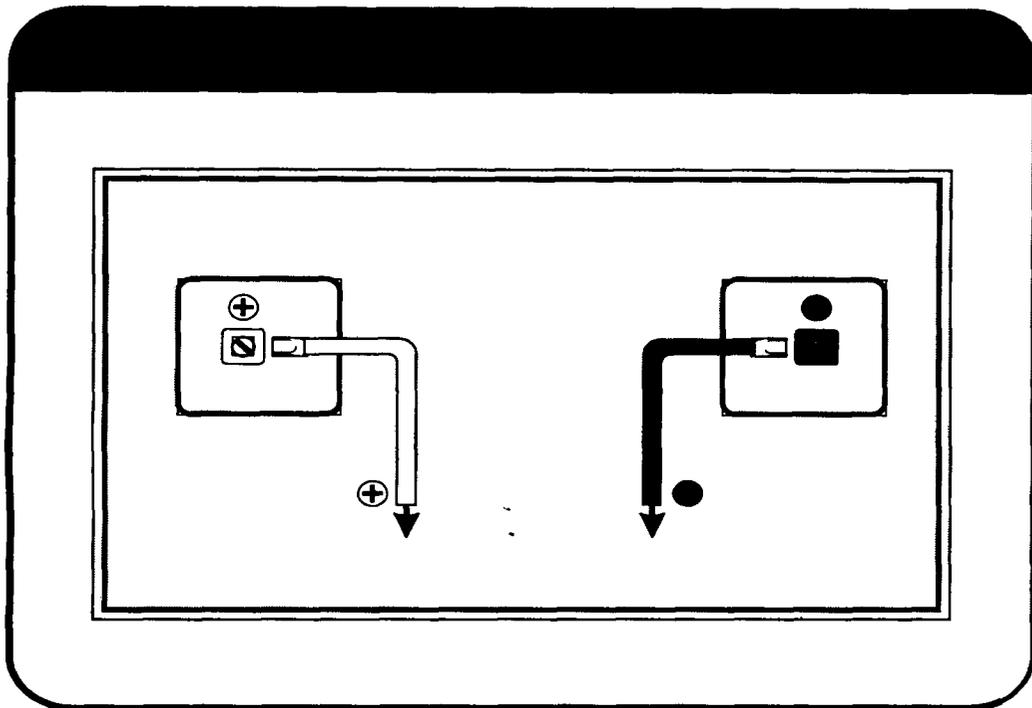
Las conexiones de los componentes del sistema fotovoltaico se efectuaron según el orden siguiente y de acuerdo con las instrucciones de instalaciones específicas de cada equipo o conjunto de equipos.

2.6.1. INSTALACIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO.

CONEXIONES EN EL MÓDULO

1. Se revisó y preparó el módulo fotovoltaico.
2. Se revisó y preparó los cables eléctricos para la conexión.
3. Se peló el cable para introducir el cable desnudo por el orificio de la caja de terminales que se encuentran en la parte posterior del módulo.
4. Se realizó las conexiones en las cajas de terminales borne positivo y borne negativo, utilizando el cable blanco para el positivo y cable negro para el negativo.
5. Se ajustó el tornillo fuertemente con un destornillador.
6. Después de haber hecho las conexiones en el módulo, se procedió a hacer el montaje en el soporte, de las estructuras de metal.
7. La distancia y el cable que se utilizó para la conexión en el módulo, y entre el módulo al regulador de carga es de 10 metros de conductor bipolar vulcanizado 12 AWG, flexible apropiado para exteriores.

Figura N° 23 Vista trasera del módulo solar



Conectar siempre el cable blanco para el positivo y el cable negro para el negativo.

Conexiones en el módulo fotovoltaico.

INSTALACIÓN DEL MÓDULO AL SOPORTE

1. El módulo se fijó al soporte utilizando los agujeros que tienen en el marco del módulo.
2. Los pernos son colocados de adentro hacia afuera (las tuercas se colocan por afuera) siguiendo este orden: como se puede apreciar en las vistas fotográficas

Se observa la colocación de los pernos de adentro hacia afuera sujetando el panel como se observa en la figura N° 24

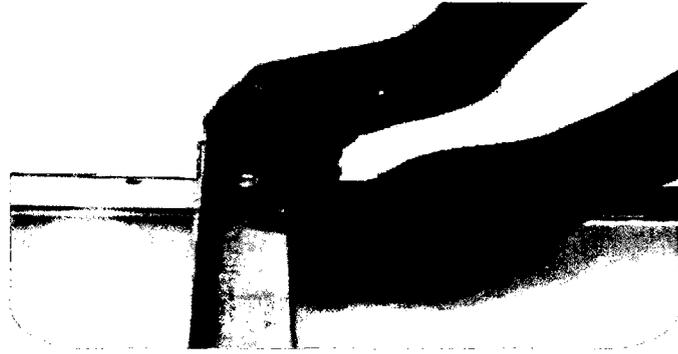


Figura N° 24

Observamos la sujeción de la tuerca utilizando una llave hexagonal, observando en la figura 25

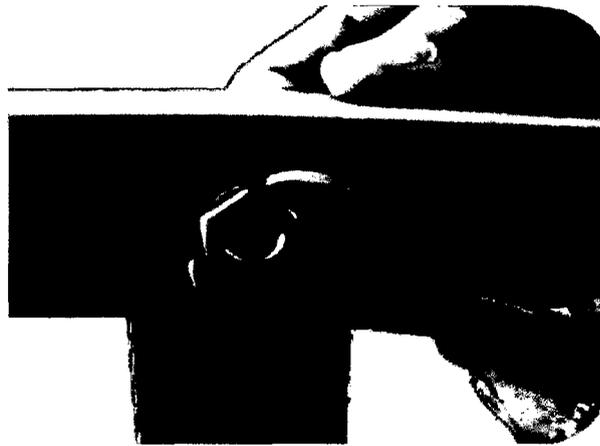


Figura N° 25

Se observa cómo quedan fijados los pernos y el panel en la estructura de soporte. Figura N° 26



Figura N° 26

- a. La arandela plana delgada pegada a la cabeza del perno.
 - b. La arandela de presión pegada a la tuerca (entre ellas van el módulo y su soporte)
3. Se aseguró los cuatros tornillos de acero inoxidable al módulo. .
 4. El soporte del módulo tiene una inclinación de 20° respecto a la horizontal y está orientado mirando hacia el norte.
 5. luego se levantó el soporte, ubicándolo en su lugar elegido, que está libre de sombras, el cual está fijado en el suelo y ofrece la resistencia suficiente para soportar el empuje del viento.

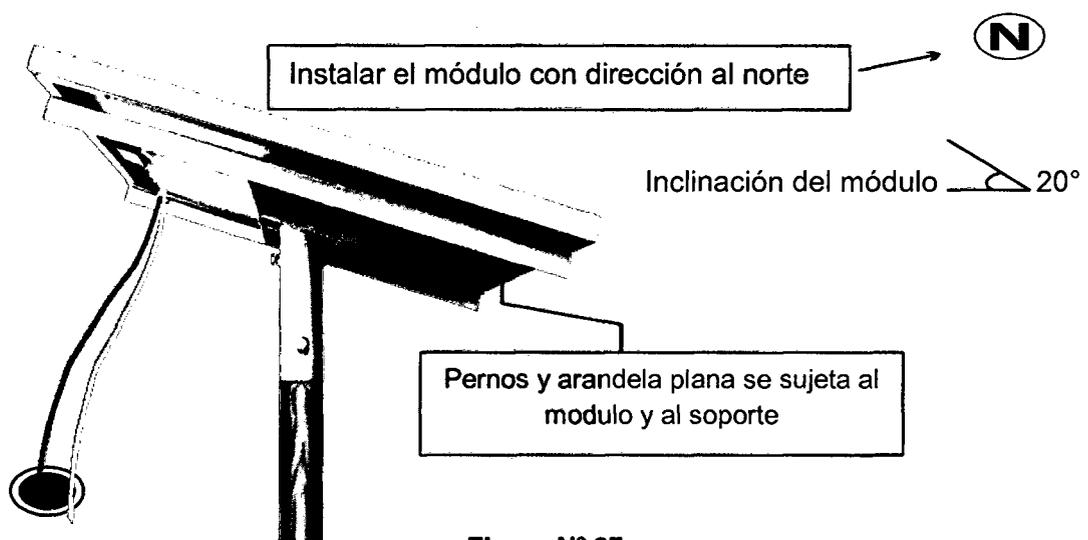


Figura N° 27

CONEXIÓN AL REGULADOR DE CARGA

Se conectó el cable (positivo y negativo) procedente del módulo a las conexiones del regulador, respetando siempre las polaridades. Como podemos observar en el grafico N° 10.

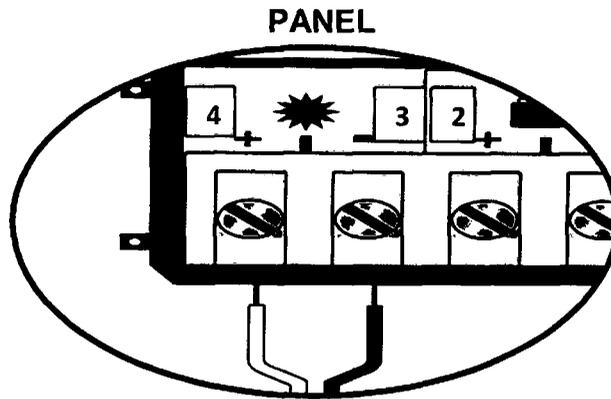
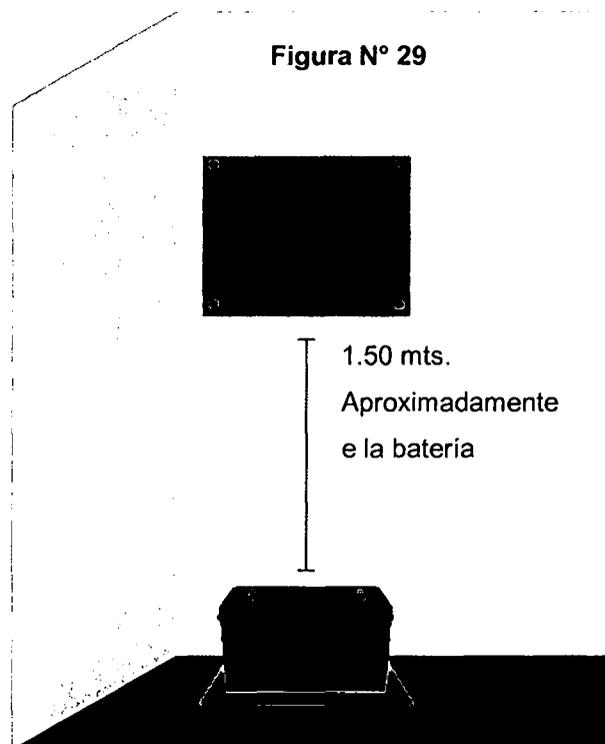


Figura N° 28 Conexión al regulador de carga

2.6.2. INSTALACIÓN DEL REGULADOR.

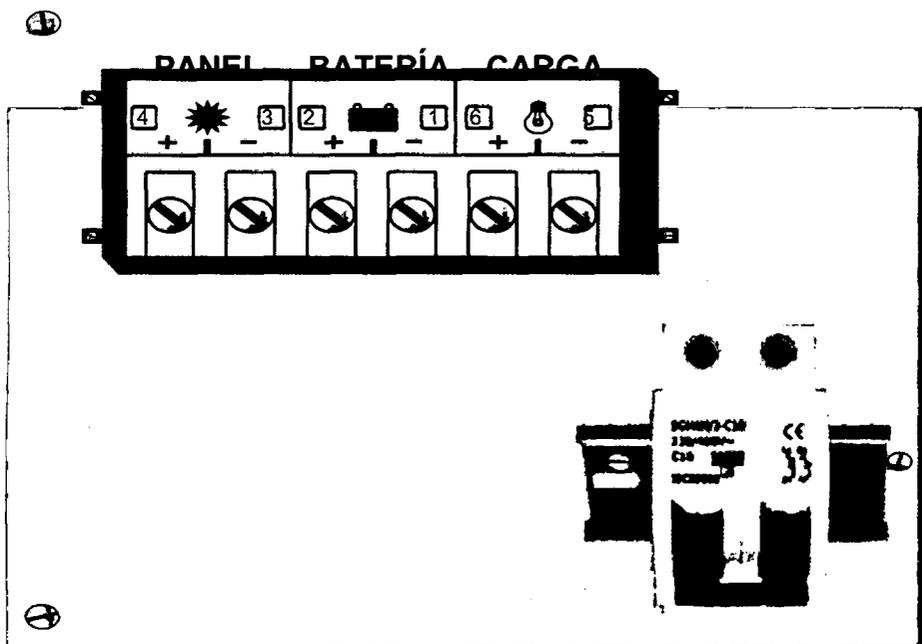
1. Se instaló en la pared, luego se aseguró con un martillo, clavos y/o tornillos. La base de la madera está en posición vertical y bien fijada
2. Se ubicó a una altura mínima de 1.50 mts. Sobre la posición de la batería.
3. La batería y el regulador están colocados en la parte interior de la vivienda y en un lugar visible, con el fin de poder vigilar el estado de las señales luminosas.



En este grafico se observa como quedo la instalación de la estructura de madera a la altura señalada sobre la posesión de la batería luego se colocó el regulador.

4. Se montó el regulador sobre la base de madera, asegurando los tornillos con ayuda del destornillador. Como podemos apreciar en la figura N° 30.

Figura N° 30 Instalación del regulador



5. Se introdujo el cable en el agujero de conexión del terminal hasta que el cable quede firmemente sujeto.

Disposición para la conexión de un cable en uno de los terminales del Regulador

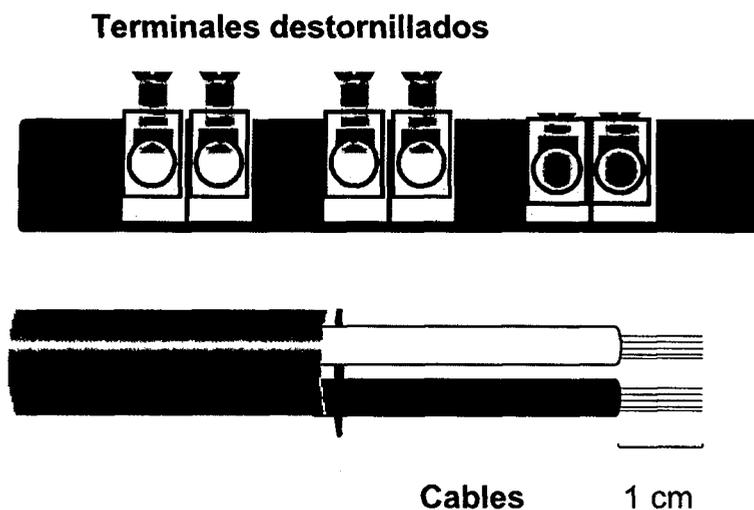


Figura N° 31. Instalación de los cables al regulador

En todas las conexiones del regulador están libres los tornillos de los terminales quedando libre el agujero de conexión.

El regulador tiene tres pares de conexiones (terminales), y se conectó la batería, el módulo y los equipos de consumo (luminarias, televisión, radio).

A. CONECTAR NEGATIVO Y POSITIVO A LA BATERÍA: esta conexión activa el sistema de regulación y todo su sistema de control dispone así de alimentación estable.

B. PRECAUCIÓN En caso que se conecten elementos externos en bornes equivocados, por ejemplo, un cable de batería en bornes de panel, es posible provocar un cortocircuito que incluso podría dejar fuera de servicio el equipo como se observa en la figura 32.

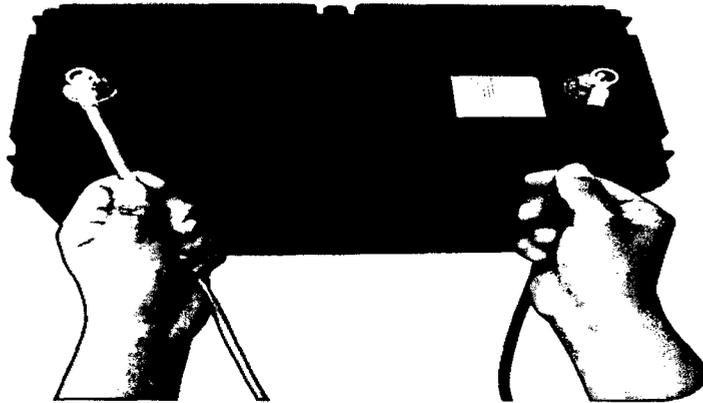


Figura N° 32. Conexión de la batería

C. CONECTAR NEGATIVO Y POSITIVO DEL MÓDULO

FOTOVOLTAICO: para evitar que se produzcan chispas, debe hacerse cuando no haya mucha luz, o bien con los módulos cubiertos de modo que no reciban luz.

D. CONECTAR NEGATIVO Y POSITIVO DEL CONSUMO: LUMINARIAS.

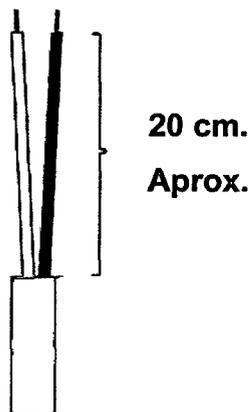
Cuando se desconecte el regulador del sistema fotovoltaico, el orden será al contrario, es decir, la batería debe ser el último elemento en desconectarse del regulador.

Una vez finalizada la conexión se revisó, si todos los bornes están apretados con el fin de garantizar su contacto.

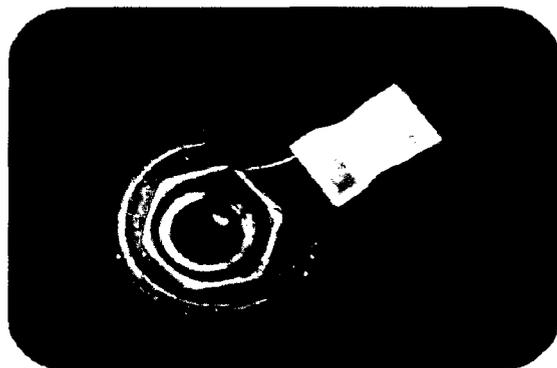
2.6.3. INSTALACIÓN DE LA BATERIA.

- a) Se revisó y preparó los cables eléctricos y la batería.
- b) Para la conexión de la batería al regulador de carga se utilizó el conductor bipolar vulcanizado 12 AWG flexible para exteriores.
- c) Se retiró la cubierta exterior del cable, desnudando los cables negro (- negativo) y blanco (+ positivo), dejando un espacio sin recubrimiento de 15 a 20 centímetros.

- d) Luego se hizo las conexiones de los terminales tipo “ojo” en los cables de las baterías.
- e) Se hizo las conexiones a la batería respetando las polaridades, evitando que pueda ocasionar un corto circuito.
- f) Se colocó la batería encima de una madera, en un lugar protegido de la intemperie, seco y ventilado, para evitar la acumulación de gases que se desprenden en el proceso de carga.
- g) La distancia que se determinó entre la batería y regulador es la menor posible, para minimizar la perdida por caída de tensión.
- h) Observar el siguiente orden de conexión y respetarlo siempre para evitar posibles daños al regulador y a los equipos conectados a su salida.



Terminal tipo ojo



- i) Se conectó el cable (negativo y positivo) a las conexiones el regulador en el lugar de la batería, respetando sus polaridades. Como podemos observar en la figura.
- j) Para evitar chispas en los bornes de la batería, siempre se conectarán los cables en vacío, es decir, libres, en el extremo del regulador.

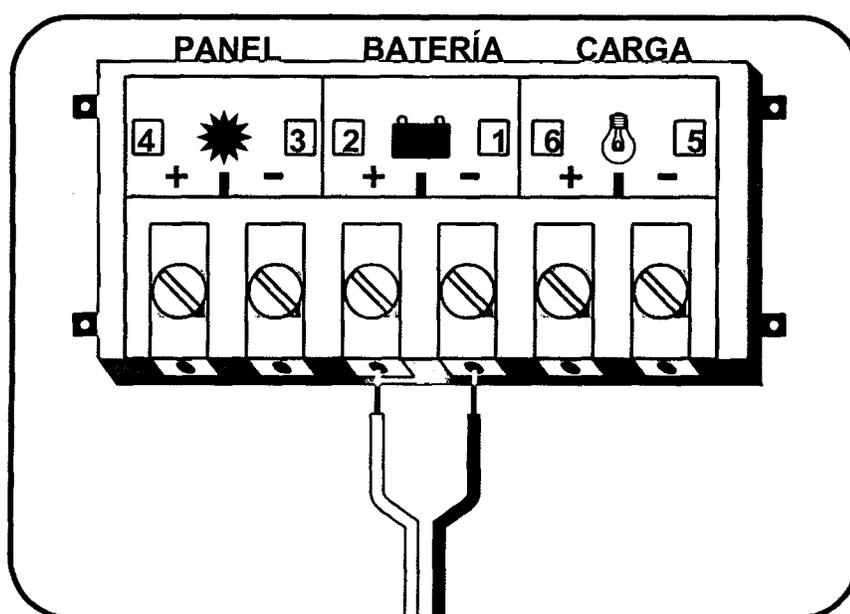


Figura N° 35 Conexión del Cable de la Batería al Regulador

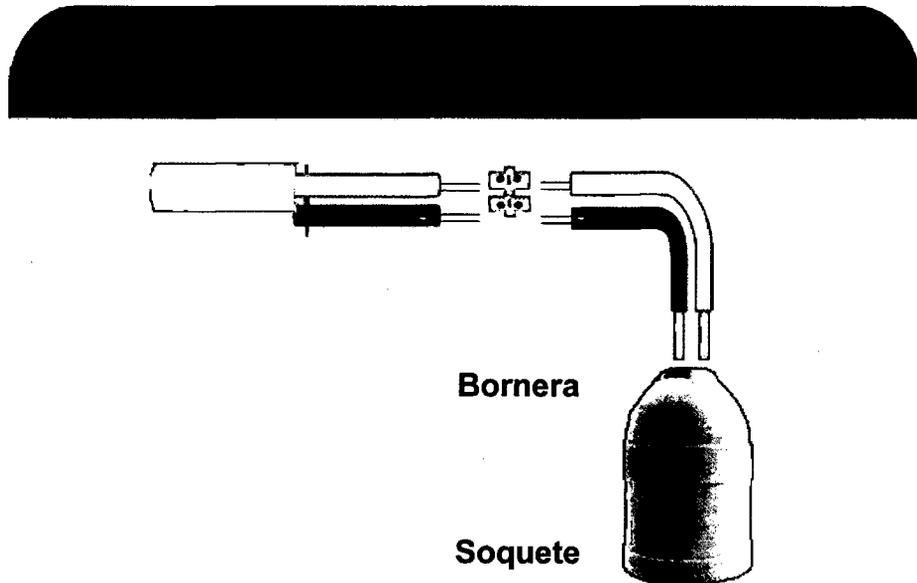
2.6.4. INSTALACIÓN DE LAS LUMINARIAS E INTERRUPTORES.

CONEXIÓN DE LAS LUMINARIAS

1. Se preparó y revisó los cables eléctricos y las luminarias.
2. La distancia y el cable que se utilizó para las conexiones entre las luminarias, así como también de las luminarias al regulador de carga, ha sido de 40 metros de conductor bipolar vulcanizado 14 AWG flexible, apropiado para exteriores.

3. Se conectó los cables al soquete. El tornillo del centro es para el cable positivo y el tornillo del costado es para el cable negativo, teniendo cuidado y respetando las polaridades para evitar cortocircuitos. Como observamos en la figura N° 36.

Figura N° 36



4. Finalmente, se colocó la luminaria teniendo cuidado de no cogerla por el tubo.

Es la forma correcta de agarrar la luminaria para su instalación correcta.

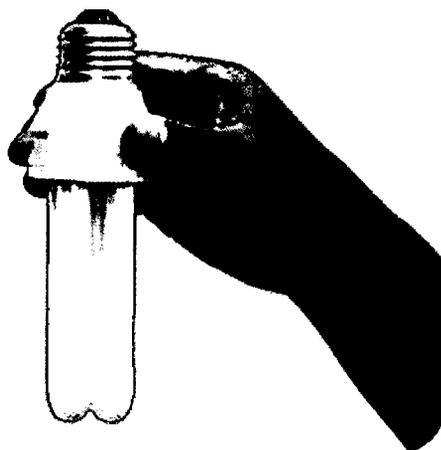


Figura N° 37

No se debe coger la luminaria por el tubo ya que dejaría sucia la pantalla y no permitiría la buena luminosidad por lo que se recomienda mantener limpia la pantalla.



Figura N° 38

La manera correcta de coger la luminaria es por la base.

CONEXIÓN DE LOS INTERRUPTORES

1. Se conectó el interruptor con el cable procedente de la luminaria.

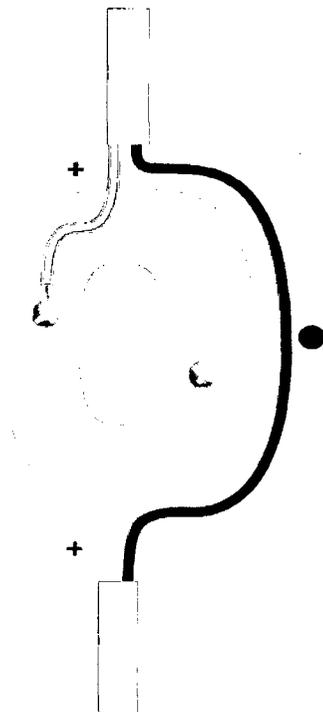


Figura N° 39. Conexión del cable al interruptor.

CONEXIÓN DEL CABLE DE LAS LUMINARIAS A LA LLAVE TERMOMAGNÉTICA

1. Se conectó el cable de las luminarias a la llave termo magnético.

Conexión del cable de las luminarias a la llave termomagnética

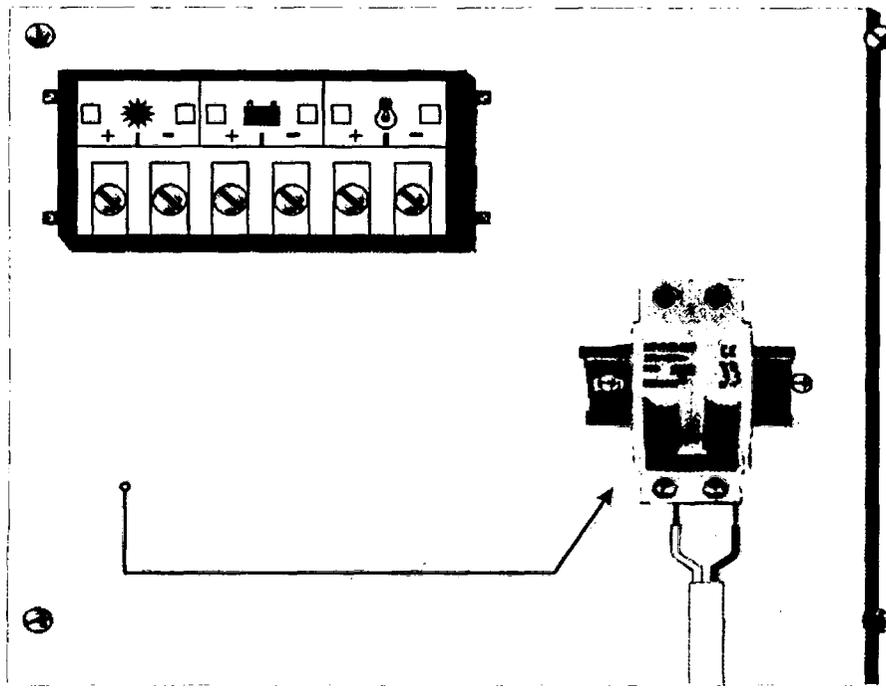


Figura Nº 40

CONEXIÓN DEL CABLE DE LA LLAVE TERMOMAGNÉTICA AL REGULADOR

1. La palanca de la llave termomagnética está abajo antes de hacer la conexión.
2. Se conectó la llave termomagnética a las conexiones del regulador en el lugar de carga, respetando las polaridades.
3. Se subió la palanca de la llave termomagnética para que ingrese la corriente del módulo y funcionen las lámparas.

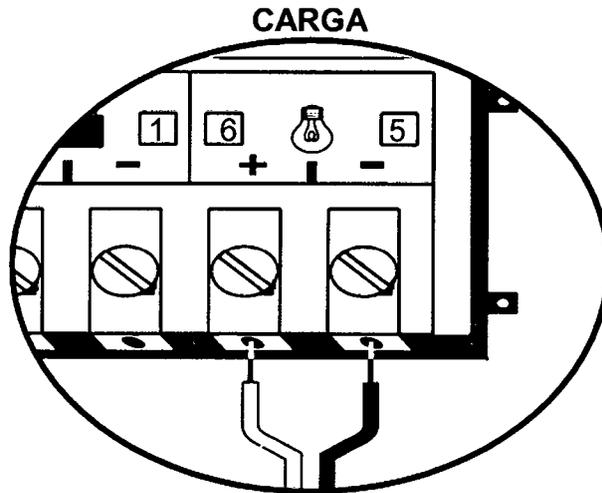


Figura N° 41 Conexión del Cable de la Llave Termomagnética al Regulador.

MAGNETICO AL REGULADOR

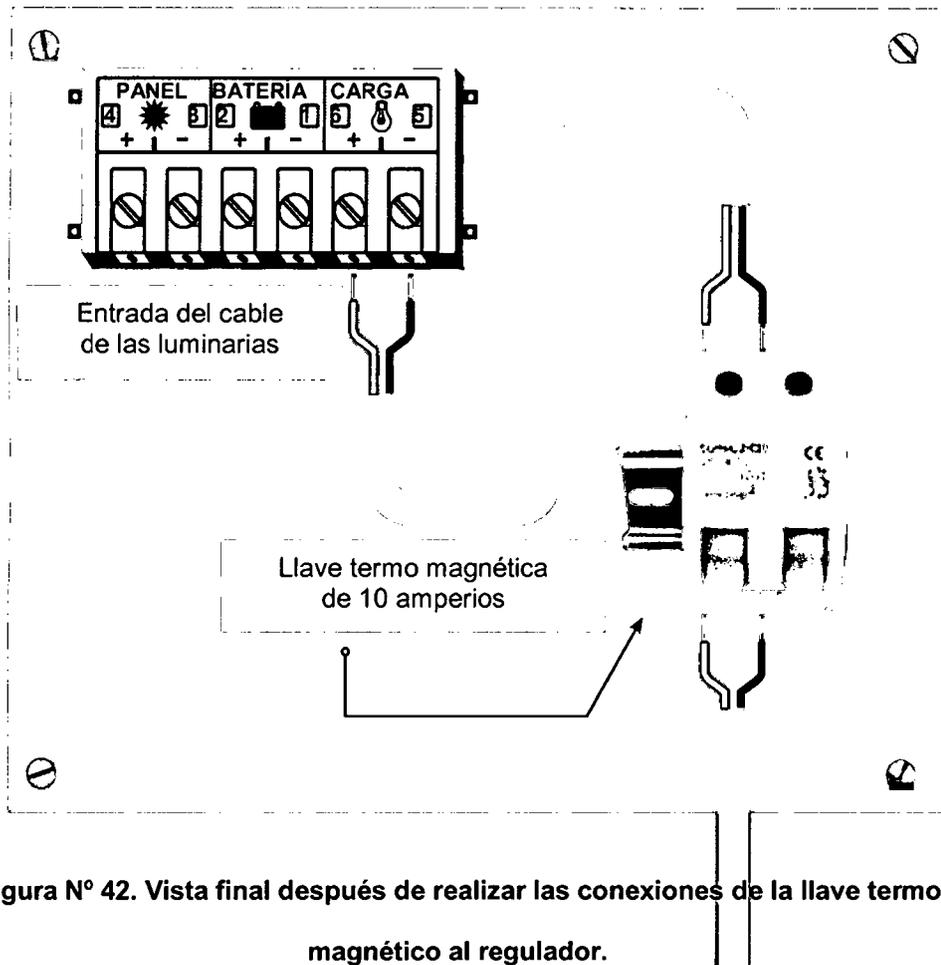


Figura N° 42. Vista final después de realizar las conexiones de la llave termo magnético al regulador.

BENEFICIOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .DO.

- La energía del sol es gratis.
- Alta confiabilidad.
- Instalación sencilla.
- No requiere combustible.
- No contamina el ambiente.
- Inversión segura y duradera.
- Mínimo costo de mantenimiento.
- Mejora la calidad de vida, sobre todo en educación y salud.
- Contribuye a la creación de empleo.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUCIONES

3.1. CONSUMO O DEMANDA DE ENERGIA POR VIVIENDA.

Por tratarse de pequeñas viviendas unifamiliares se ha adoptado como un consumo típico de energía diaria de cada una de las viviendas el siguiente:

CONSUMO MEDIO DIARIO DE UNA TÍPICA VIVIENDA

En este cuadro tenemos que la demanda ha satisfacer es de 360 Watts * hora por vivienda y por día. Este consumo consiste en la utilización de tres lámparas o fluorescentes, cada una con un funcionamiento de 5 horas, una radio y un televisor cada uno de ellos de 30 W, cada uno con un funcionamiento de 3 horas diarias cada uno. La máxima potencia de demanda es de 96 W.

	Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Energía (W*h)
1	Lámpara	3	36	5	180
2	Radio	1	30	3	90
3	Televisor B/N	1	30	3	90
			96		360

Cuadro N° 01. Consumo Medio diario

3.2. CAPACIDAD DE LA BATERIA.

El consumo total en un día es 360 wh, por lo que la capacidad de la batería se determina para 360 wh.

Los meses de menor insolación son los meses de invierno y están considerados entre los meses de diciembre (4.9) – enero (4.7) – febrero (4.4) y marzo (4.4), donde el registro del sol son mínimos como se puede observar el **cuadro N° 02**, el registro de horas del sol promedio mensuales proporcionados de la estación meteorológica del Distrito de Tambillo.

REGISTRO DE HORAS DEL SOL PROMEDIOS MENSUALES

ESTACIÓN : TAMBILLO : DISTRITO : TAMBILLO ALTITUD: 3250 msnm
 CODIGO : 002 : PROVINCIA : HUAMANGA LATITUD: 13°12'24"
 AÑO : 2009 : REGIÓN : AYACUCHO LONGITUD: 74°06'19"

Cuadro N° 02

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1992	6.3	7.4	6.9	6.6	9.5	7.4	9.3	8.2	8.0	7.0	7.6	7.9
1993	4.1	5.5	5.6	5.3	7.8	9.1	8.4	8.0	6.5	6.7	4.2	4.0
1994		4.3	4.4	5.1	8.0	8.2	8.1	7.5	6.8	6.6	7.0	5.3
1995	6.3	4.2	4.2	6.3	8.2	7.3	8.2	8.3	5.3	7.3	6.3	5.3
1996	3.3	3.3	4.3	6.3	7.3	8.2	9.3	7.3	7.3	6.4	6.3	4.3
1997	3.3	4.2	4.3	6.4	6.3	6.3	7.3	5.3	4.3	5.3	5.3	5.3
1998	4.2	5.3	5.3	7.3	9.3	7.3	8.3	7.3	7.3	6.2	6.3	4.2
1999	4.3	3.3	3.3	4.3	6.2	8.3	6.3	8.3	7.3	6.2	6.3	4.2
2000	4.3	4.3	4.3	7.2	8.4	7.3	8.3	8.2	7.3	6.3	8.3	6.3
2001	3.2	4.3	5.3	7.3	7.3	7.2	8.2	8.3	6.3	7.3	7.3	4.3
2002	5.3	5.3	4.3	7.3	8.3	8.3	8.3	7.4	6.3	8.2	7.3	7.3
2003	5.3	2.3	3.3	6.3	7.3	8.2	7.3	8.3	6.2	6.4	6.3	5.3
2004	5.3	5.3	5.3	7.2	9.2	7.3	8.3	7.3	4.3	6.3	8.3	5.2
2005	7.2	0.3	1.2	6.3	8.4	8.3	8.3	8.3	7.3	5.3	7.3	3.3
2006	4.3	5.3	4.3	4.2	9.3	7.3	8.3	7.3	6.3	6.3	4.3	4.3
2007	4.3	5.3	4.3	5.3	7.3	7.3	7.2	7.3		5.3	8.2	3.2
2008	3.2	5.3	4.2	6.3	8.3	8.3	8.3	8.3	7.3	6.3	3.1	3.3
2009	5.3	4.3	4.3	6.3	8.8							
MEDIA	4.7	4.4	4.4	6.1	8.1	7.7	8.1	7.7	6.5	6.4	6.3	4.9

El sistema tiene una autonomía de 2 días, esto quiere decir, que el sistema soporta trabajando normalmente hasta con dos días completamente nublados donde no se capte ninguna cantidad de energía fotovoltaica.

Días de autonomía cuyas necesidades de acumulación y considerando la cantidad de días que la instalación receptora puede abastecer de la energía eléctrica suministrada.

Días de autonomía cuyas necesidades de acumulación es:

$$A_u = 360 \times 2 = 720 \text{ wh}$$

La capacidad mínima de la batería necesaria para suplir la energía durante estos periodos, considerando una profundidad de descarga del 70%.

La capacidad de batería de plomo – ácido es:

$$CB = \frac{720}{0.7} = 1029 \text{ Wh}$$

Lo que resulta para la batería de 12 V.

$$CB = \frac{1029 \text{ v Ah}}{12\text{v}}$$

$$CB = 86 \text{ Ah}$$

Luego la batería a usar es de 110 Ah, el valor de 70% que es la profundidad de descarga que nos indica que el 70% de su capacidad se descarga y el 30% queda únicamente de carga.

Hay que tener en cuenta que a mayor profundidad de descarga menor será la vida útil de las baterías, por lo que el número de ciclos de vida disminuye, la batería es del tipo plomo – ácido cuyas características técnicas son:

- La batería que se usa es de plomo – ácido tipo sellado libre de mantenimiento.
- La auto descarga de la batería en un mes no debe ser más del 8% de su capacidad nominal.
- La batería supera los 300 ciclos (considerando un ciclo un proceso de descarga y otro de carga, durante el día).
- La polaridad de cada batería está claramente señalado mediante el símbolo “+” para positivo y “-“para el negativo y estén indicados en bajo y alto relieve.

- Los conectores y/o bornes de las baterías están apropiados para permitir la conexión firme de los cables mediante pernos y tuercas.

3.3. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE PANELES.

De acuerdo a la demanda de 360 wh/día y a las horas sol pico que existe en la zona del proyecto en los meses más críticos, cuyas horas del sol pico más crítico según el registro de horas de sol promedios mensuales, según los datos de la estación meteorológica del distrito de tambillos, registrados en los meses de febrero y marzo son de 4.4 horas de sol promedio mensuales como se aprecia en el cuadro N°- 02.

Si el panel fotovoltaico es de 50 voltios pico. Y en número de paneles es:

$$\text{N}^\circ \text{ paneles} = \frac{360 \text{ wh} \times 1.1}{50 \times 4.4 \text{ whxhr}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ paneles} = 1.80$$

Por lo que se eligió 02 paneles de 50 wp

Donde: 1.1 – Factor de seguridad

4.4 – Horas de sol más crítico

3.4. DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN.

El dimensionamiento del controlador de carga, conduce al establecimiento de sus características nominales que son básicamente la tensión nominal de funcionamiento de 12 voltios y la corriente eléctrica máxima que puede controlar, teniendo en cuenta el 25% del sobredimensionamiento.

Donde:

$$I_{sc \text{ regulador}} = I_{sc \text{ mod}} \times N_{p \text{ mod}}$$

$$I_{sc \text{ regulador}} = 1.25 \times 3.55 \times 2 = 8.875 \text{ A}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{reg máx}} &= 1.25 \text{ Voc generador} \\
 &= 1.25 \times 12.0 \text{ V} \\
 &= 15 \text{ V.}
 \end{aligned}$$

3.55 – valor obtenido de las especificaciones técnicas

12.0 V – valor obtenido de las especificaciones técnicas

De las características de los equipos.

Isc mod : Corriente de corto circuito del modulo.

Voc generador: tensión de circuito abierto

3.5. DETERMINACIÓN DEL INVERSOR.

Para poder hacer funcionar equipos electrodomésticos modernos se requiere de una corriente alterna de 220 V, el inversor de corriente de 500 w se encarga de convertir la corriente continua entregada por la batería en corriente alterna, de está energizamos artefactos tales como: radio grabadoras portátil, televisores de acuerdo al consumo medio diario Tabla N°- 01, se instaló está potencia del inversor, por que soportará el consumo de televisores modernos cuyas potencias están entre 70W a 80W.

3.6. DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR

Entre módulos, como se tiene la configuración (1 serie, 2 paralelos)

$$I_{\text{conductor-mod}} = 1.56 \times I_{\text{sc modulo}}$$

$$I_{\text{Cond mod}} = 1.56 \times 3.55 = 5.54 \text{ Amp}$$

3.7. DETERMINACIÓN DEL CONDUCTOR:

Desde el módulo al regulador y desde el regulador a la batería.

$$I_{\text{cond mod – reg}} = 1.56 \times 2 \times 3.55 = 11.076 \text{ A}$$

I cond reg – batería = 11.076 A.

3.8 DETERMINACIÓN DE ALIMENTACIÓN DEL ACUMULADOR AL INVERSOR.

$$I_{\text{cond}} = \frac{P_{\text{Inv v}}}{V_{\text{min}} \times N_{\text{Inv}}}$$

$$I_{\text{cond}} = \frac{1.25 \times 500}{11.8 \times 0.9}$$

$$I_{\text{cond}} = 55.85 \text{ A.}$$

El conductor usado es cable flexible GPT 8 AWG, longitud máxima de 1.5 metros por polo.

3.9. PANEL FOTOGRAFICA.

Donde se muestra la secuencia de las instalaciones:



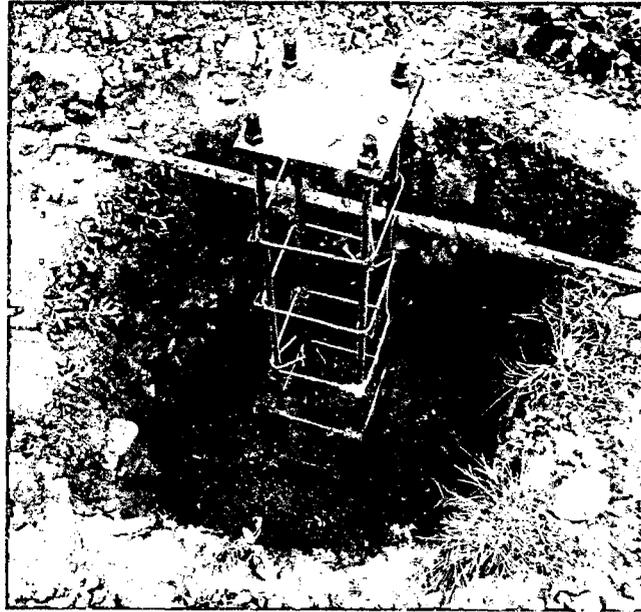
VISTA N° 01

Apertura de hoyos encontrándose grandes bloques de roca fija, donde irá el soporte de estructura de fierro corrugado y concreto armado.



VISTA N° 02

Culminación de la apertura de hoyos totalmente refinado y compactado



VISTA N° 03

Soldado y las estructuras de soporte de fierro corrugado de $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " con sus
platinas y pernos de sujeción.



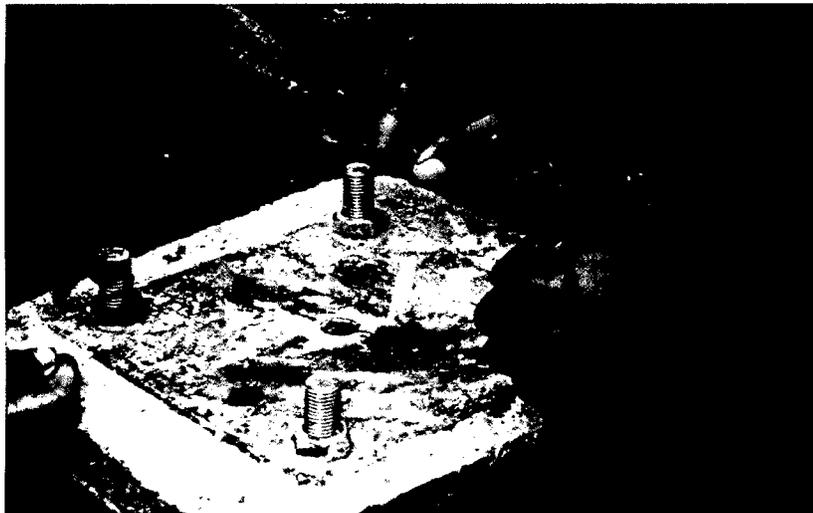
VISTA N° 04

Armado del encofrado para las estructuras de soporte



VISTA N° 05

Estructura de soporte totalmente culminada con sus respectivas platinas y pernos de sujeción.



VISTA N° 06

Limpieza de los pernos de sujeción y las platinas para luego colocar los postes con sus respectivas platinas.



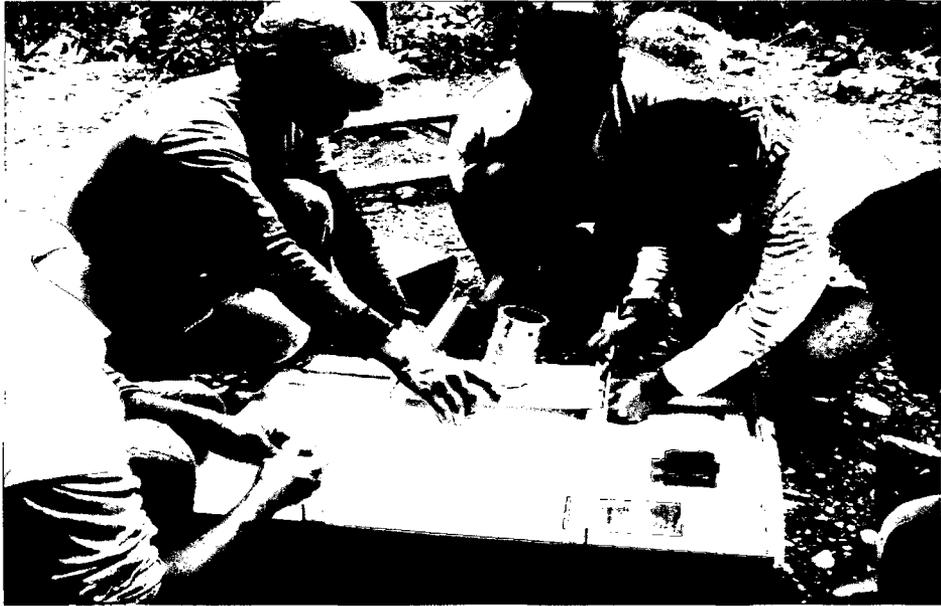
VISTA N° 07

Izaje de los postes de fierro galvanizado Ø 3" con sus respectivas
platinas.



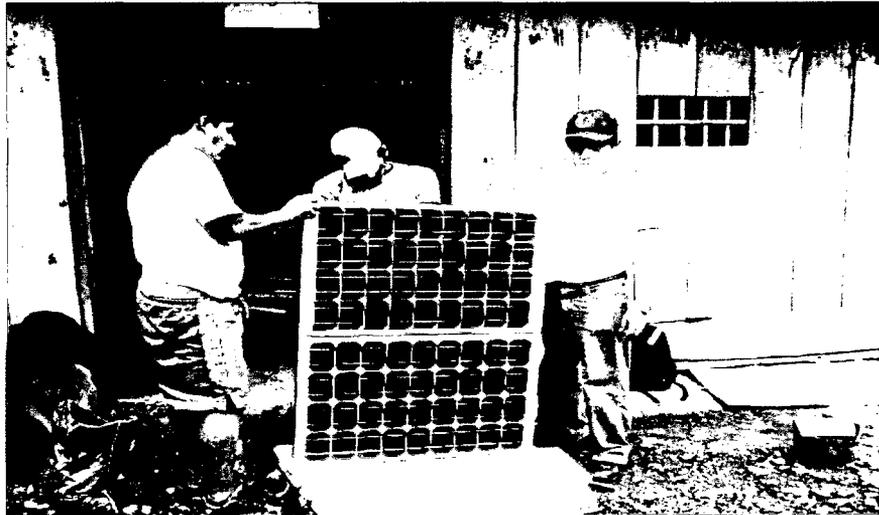
VISTA N° 08

Colocación de las tuercas de sujeción en sus respectivos pernos
utilizando herramientas manuales como llaves estilson.



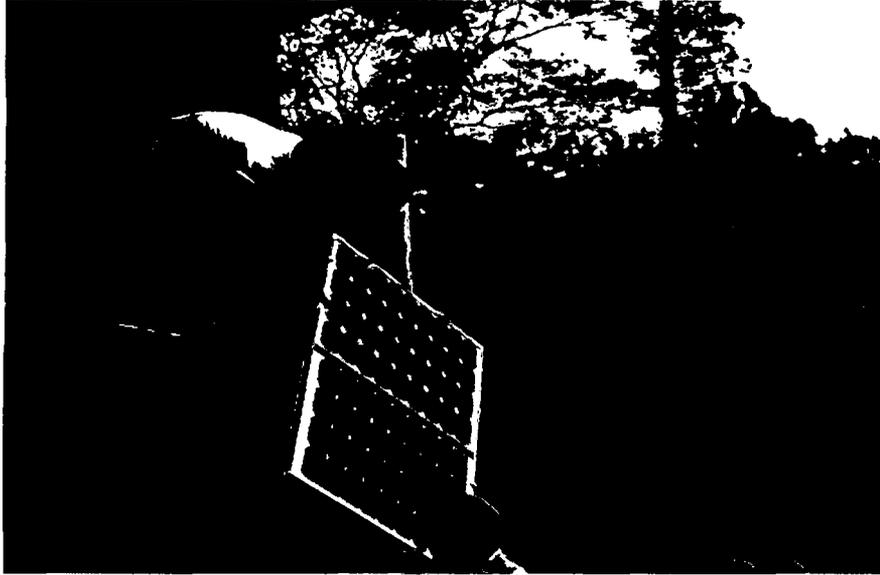
VISTA N° 09

Colocación de los paneles solares, en sus respectivos soportes de estructura de fierro galvanizado con sus respectivos pernos y tuercas de Sujeción. Labores que se realizan en el suelo para luego ser izado.



VISTA N° 10

Culminación de la colocación de los paneles solares con sus respectivas estructuras de soporte.



VISTA N°11

Colocación de los paneles solares a los postes, con sus respectivas estructuras de soporte. De fierro galvanizado.



VISTA N° 12

Instalación de los paneles solares dando la inclinación de 20° y orientación hacia el norte.



VISTA N° 13

Instalación de los cables a los paneles solares y dando la inclinación de 20° y la orientación dirigida al norte.



VISTA N° 14

Instalación de los componentes del sistema fotovoltaico como son: el regulador de carga, batería, llaves termomagnética.



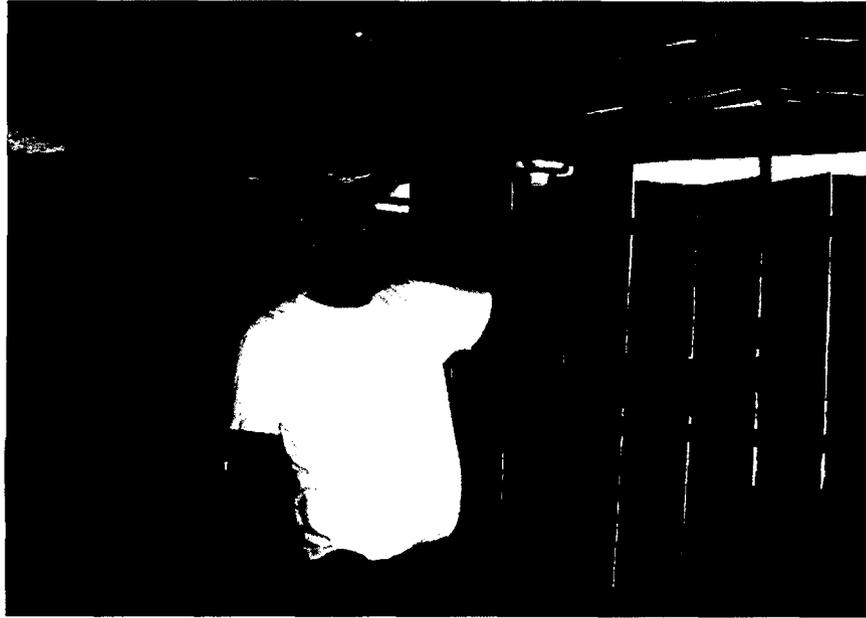
VISTA N° 15

Instalación del tomacorriente y cableado en una vivienda familiar.



VISTA N° 16

Culminación de la instalación del cableado y la instalación del interruptor en una vivienda familiar.



VISTA N° 17

Culminación de la instalación del soquet y el cableado en una vivienda familiar.



VISTA N° 18

Culminación de las instalaciones del soquet, cableado y la instalación de la luminaria en una vivienda familiar.



VISTA N° 19

Se Observa al personal técnico levantando la llave termo magnético donde se observa el funcionamiento y culminación del presente proyecto.



VISTA N° 20

Se observa a una madre de familia junto a sus hijos contentos con la llegada del sistema eléctrico a través de los paneles solares fotovoltaicos, también se observa televisor y la lámpara encendidos.

3.10. EL MANTENIMIENTO DEL MODULO:

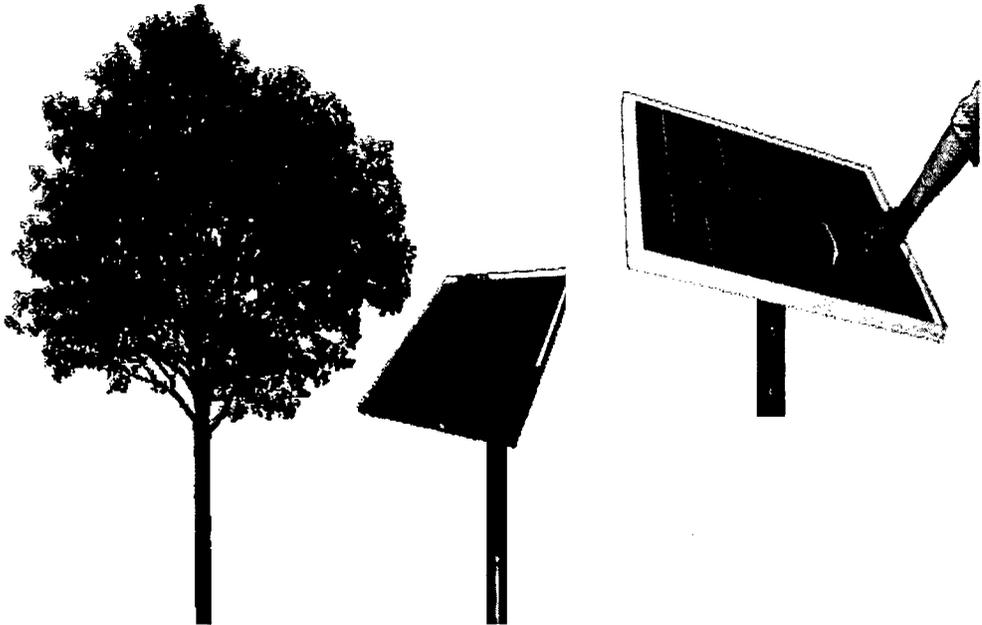
Se deberá hacer de la siguiente manera:

Limpiar el módulo cada mes con un trapo mojado, hasta sacar toda la suciedad.

- Evitar que el polvo y la suciedad, impidan una buena generación de electricidad.
- No plantar árboles cerca del módulo ya que con el tiempo podrían llegar a sombrearlos.
- No poner objetos sobre el módulo.
- Controlar periódicamente que el ángulo de inclinación no cambie.
- Examinar que todas las conexiones estén ajustadas, sin indicios de óxido, suciedad o acumulación de insectos.
- Asegurar que las conexiones entre el módulo y regulador estén bien y que no hayan sufrido deterioro durante el tiempo transcurrido, apretando los bornes si es necesario y asegurando que los cables estén bien asegurados.

Confirmar que no se proyecten sombras de objetos cercanos en ningún sector del módulo, desde que sale el sol, hasta que se oculte, ya que el módulo no trabajará bien y no genere energía y generará menos electricidad para el sistema como, se observa en la figura N° 43.

Figura N° 43 Mantenimiento del módulo fotovoltaico



3.11. MANTENIMIENTO DEL REGULADOR

El mantenimiento del regulador se deberá hacer de la siguiente manera:

Las tareas de mantenimiento del regulador, son mínimas y están relacionadas principalmente con el funcionamiento correcto de sus indicadores luminosos y fusibles de protección.

Led Luminoso Color Rojo

Indica tensión baja de la batería, se encuentra en carga y por tanto, está recibiendo corriente desde el módulo. Es necesario reducir sus consumos al mínimo porque de lo contrario se interrumpirá el suministro de energía a los consumos. Cuando la tensión se encuentra por debajo de un valor crítico mayor a 10 segundos, el regulador se desconecta automáticamente con el fin de proteger la batería contra una sobre descarga. El consumo no se restaurará hasta que la batería alcance la media carga.

Led Luminoso Color Verde

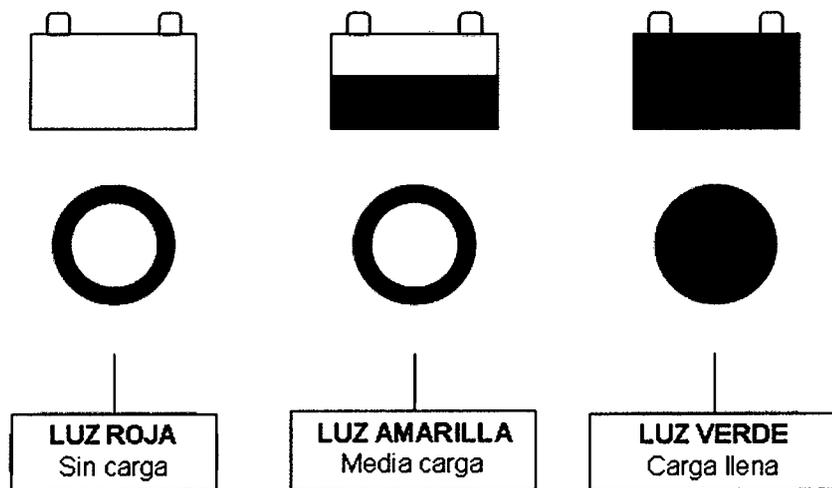
Indica que la batería se encuentra en un estado próximo al de plena carga y que los módulos fotovoltaicos están entregando corriente. Se podrá utilizar sus consumos sin restricción, si bien el tiempo de operación del sistema dependerá del uso racional que de éstos se haga.

Se recomienda verificar las conexiones de los cables del módulo, de la batería y de las luminarias (cargas) en caso de alguna falla

Si la luminaria no Enciende, observe las luces o revise el fusible del regulador.

En caso de que se quemara reemplazar con un fusible nuevo. Como se observa en la figura 44

Figura N° 44 Mantenimiento del regulador



Importante:

Cambiar el fusible del regulador cuando las lámparas no encienden, pero antes debe realizar las siguientes inspecciones:

1. Si la luz roja está encendida, esperar hasta que el sol reponga la carga de la batería.

2. Verificar si el fusible del regulador esté quemado para cambiarlo
3. Si las lámparas todavía no funcionan después de cambiar el fusible, debe de cambiar el regulador

3.12 EL MANTENIMIENTO DE LA BATERIA:

Se deberá hacer de la siguiente manera:

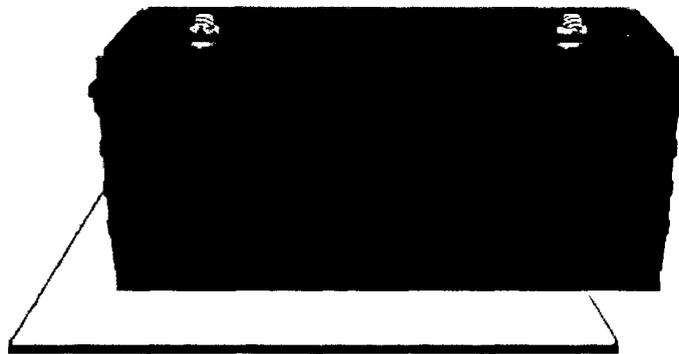


Figura N° 45 Mantenimiento de la batería

Colocar siempre la batería sobre una madera, las baterías libres de mantenimiento no necesitan que se les adicione agua destilada.



Figura N° 46

Mantener siempre la batería limpia. Limpiar los bordes con una lija suave, si estuvieran sucias o sulfatadas.



Figura N° 47

Se debe mantener los bornes engrasados para asegurar un buen contacto con conexiones que se realicen y evitar que se sulfaten.



Figura N° 48

Se debe colocar y ajustar bien con los terminales tipo ojo

3.13. EL MANTENIMIENTO DE LAS LUMINARIAS:

Se deberá hacer de la siguiente manera.

- En lugares donde existe humo, como en las cocinas, la limpieza de las luminarias debe realizarse con mayor frecuencia.

- Cuando se cambien los focos se debe usar unos iguales a los usados y observar que estén bien conectados.

Cuidando las luminarias.

Si la luz verde del regulador está encendida y una de las luminarias no enciende entonces:

- a) La luminaria puede estar quemada, debe cambiarse.
- b) Si la lámpara no enciende luego de cambiar el tubo hay que verificar las conexiones.
- c) Si sigue igual, es necesario verificar si el aviso luminoso de color rojo está encendido:

Este color indica que la batería esta descargada.

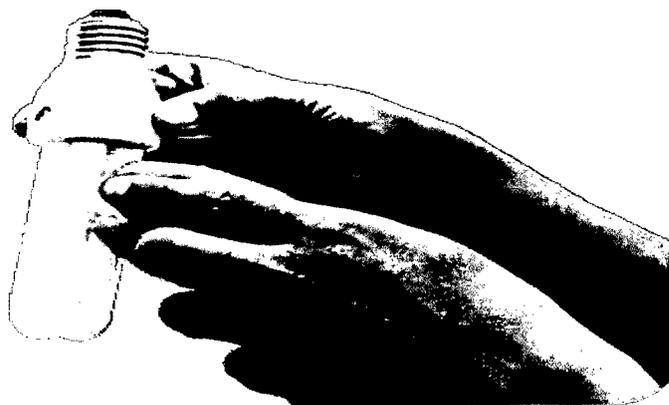


Figura N° 49 Mantenimiento de la luminaria

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Con la culminación del presente trabajo que consistió en el diseño e instalación de paneles solares fotovoltaicos, actualmente la comunidad de paquichari cuenta con los servicios de energía eléctrica en cada uno de sus viviendas, siendo una alternativa de la aplicación de la energía renovable.
2. La demanda que satisface es de 360 watts por hora, por vivienda y por día y el consumo consiste es de tres lámparas o fluorescentes de 12 W. Cada uno con un funcionamiento de 5 horas, una radio y un televisor de 14", cada uno de ellos de 30 W, con un funcionamiento de 3 horas diarias, la máxima potencia de demanda es de 360 Wh por vivienda.
3. Los componentes del sistema solar fotovoltaico que se instalaron en cada vivienda de la comunidad de paquichari son los siguientes:
 - 02 paneles fotovoltaicos de 50w en forma paralela.

- 01 inversor de corriente de 500w.
 - 01 regulador de carga de 10 Amperios para tensiones de 12v.
 - 01 batería o acumulador de 110 Ah de 12V. La batería que se instaló es una de plomo – ácido las que están diseñadas únicamente para las instalaciones del sistema fotovoltaico.
 - 03 interruptores unipolares.
 - 02 tomacorrientes
 - 03 lámparas compactadas de 12 watts.
 - 01 llave termomagnética.
4. El costo con el que fue ejecutado el presente proyecto de las instalaciones solares fotovoltaicas en la comunidad de paquichari fue de S/. 100,000.00 Nuevos Soles.
 5. La población beneficiaria con la ejecución de la obra instalación de paneles solares fotovoltaicos es directamente la comunidad de paquichari con una población de 140 habitantes, distribuidas en 20 familias.
 6. Con la instalación del sistema solar fotovoltaico en la comunidad de paquichari, cada jefe de familia tiene un ahorro de S/100.00 ó S/150.00 Nuevos Soles por mes, debido a que ya no gasta en la compra de velas, pilas, kerosene y el carguío de las baterías que realizaban muy frecuentemente para su iluminación en sus viviendas.
 7. De acuerdo al proyecto que se planteó la vida útil del presente proyecto de la instalación de paneles solares fotovoltaicos en la

comunidad de paquichari su uso es aproximadamente de unos 20 ó 30 años, teniendo en cuenta que cada cierto tiempo se tendrá que realizar las operaciones de mantenimiento de todos los componentes, como se les oriento en el uso y manejo de los componentes del sistema solar fotovoltaico de esta manera se tendrá un normal funcionamiento y no ocasionara ningún malestar en la población beneficiaria.

8. El costo que ocasiono la instalación del sistema solar fotovoltaico en la comunidad de paquichari por cada vivienda es de S/ 5,000.00 Nuevos Soles, esta inversión será recuperado en un periodo de Dos Años y Diez Meses, beneficiándose el resto de los años que se encuentre en operación y servicio.
9. Respecto al impacto ambiental, con las instalaciones del sistema solar fotovoltaico no se ha modificado el medio ambiente ya que en el proceso de ejecución de las instalaciones solares fotovoltaicas no hubo tala de árboles que pudiese alterar el sistema, como si los hubiera con las instalaciones convencionales debido a la tala de árboles para el pase de las líneas de transmisión.
10. Con el sistema de las instalaciones solares fotovoltaicas que se han instalado se garantiza su funcionamiento en los meses de invierno que son las condiciones más críticas, debido al cambio de la posesión del sol.
11. Debemos tener en cuenta que el suministro de energía eléctrica por medio de las instalaciones solares fotovoltaicas, constituyen dentro

de la actual coyuntura, el único medio viable para satisfacer las necesidades energéticas a corto plazo, por su rápida instalación y su reducido costo de mantenimiento y operación y que si se podría instalar en otras comunidades que los requieran.

12. Con las instalaciones del sistema solar fotovoltaica se garantiza la vida útil de los módulos fotovoltaicos de la siguiente manera:

25 años de garantía de generación de energía

- Garantía de 10 años de generación de energía superior al 90% de la capacidad nominal.
- Garantía de 25 años de generación de energía superior al 80% de la capacidad nominal.

13. Con las instalaciones del sistema solar fotovoltaico se garantiza la vida útil de la batería plomo – ácido de la siguiente manera:

- Mayor o igual a 10 años a 20°C
- Mayor o igual a 6 años a 30°C

14. Con las instalaciones del sistema solar fotovoltaico se garantiza la vida útil de las luminarias: Mayor a 10,000 horas de operación.

15. RECOMENDACIONES QUE SE DEBERÁN TENER EN CUENTA EN LOS MÓDULOS SON LAS SIGUIENTES.

El vidrio de la cubierta del módulo resiste la lluvia y el granizo, por lo tanto se deberá cuidar que no tiren o arrojen objetos ni manipulen la parte frontal del módulo. No arrojar piedras al módulo.

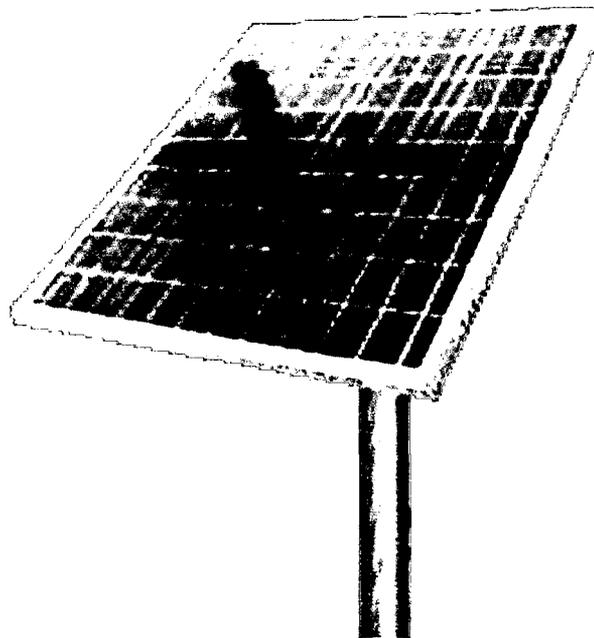
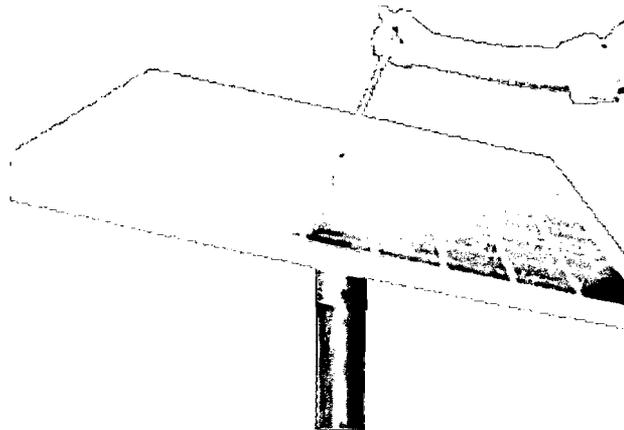


Figura Nº 50 Cuidado de los Módulos

No jalar ni colgar objetos en los cables eléctricos, que van desde el Módulo hasta el regulador. Figura N° 51.

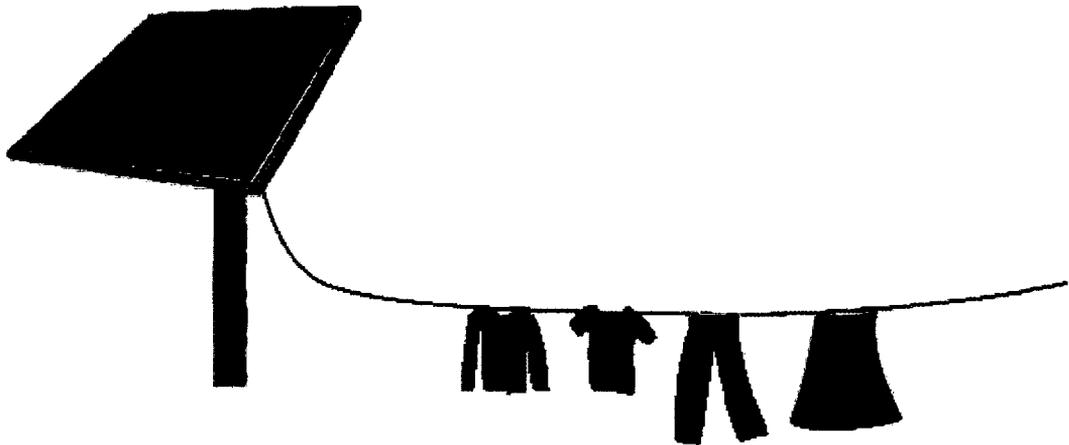


Figura N° 51. No Tender Objetos en los Cables

Por ningún motivo debe desconectar el módulo. No permitir que jueguen con la pelota cerca del módulo. No mover el módulo de su sitio, si esto sucediera hay que orientarlo adecuadamente hacia el norte e inclinarlo de acuerdo a la latitud del lugar. Figura N° 52

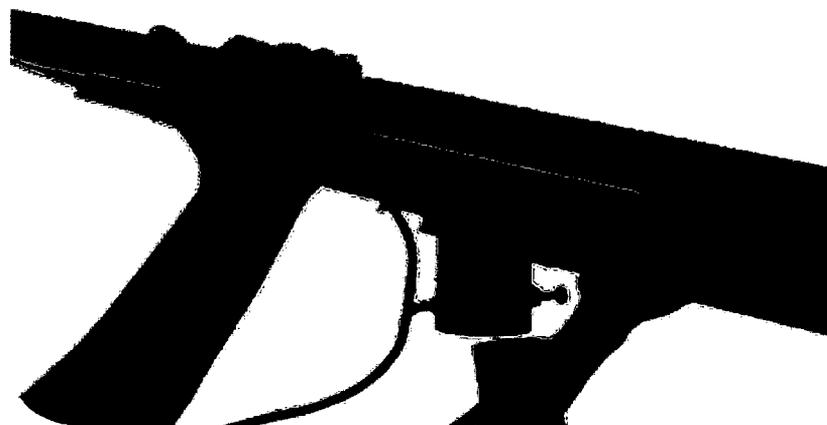


Figura N° 52 No Mover el Módulo

16. RECOMENDACIONES QUE SE DEBERÁN TENER EN CUENTA EN LOS REGULADORES SON LAS SIGUIENTES.

No se deberá extraer el regulador del sistema; podría causar graves daños a la batería.

- El regulador controla automáticamente el sistema. Cuando la luz roja está encendida se debe esperar a que la batería tenga buena carga, pues en caso contrario se dañará.
- Tenga varios fusibles de repuesto.
- No se debe permitir, por ningún motivo, que el regulador se moje.

Figura N° 53

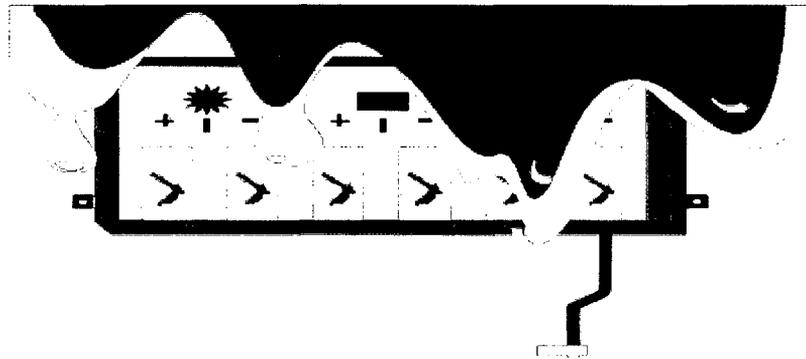


Figura N° 53. Cuidado del Regulador

No abrir la caja del regulador, ni manipular en su interior esto ocasionaría desperfectos o fallas del regulador. Figura N° 54.

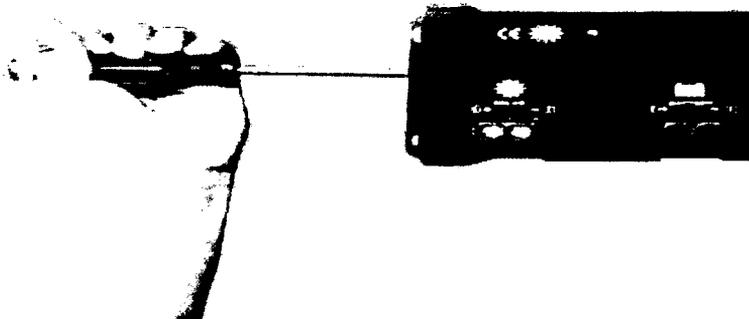


Figura N° 54

Nunca permitas que jalen el cable del regulador a la llave, tampoco permitas que los niños jueguen cerca de los aparatos. Figura N° 55.



Figura N° 55

No sacar nuevos cables del regulador ni hacer otras conexiones.

Figura N° 56.

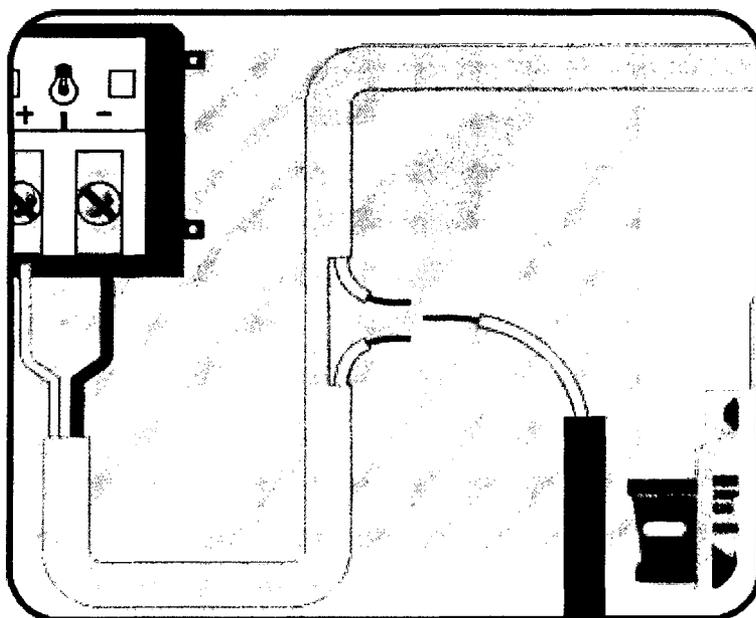


Figura N° 56

17. RECOMENDACIONES QUE SE DEBERÁN TENER EN CUENTA EN LAS BATERIAS SON LAS SIGUIENTES.

- No sentarse en la batería.
- Impedir que los niños se acerquen a la batería.
- No tener inclinada la batería.
- No usar la batería del sistema para encender autos u otros artefactos.

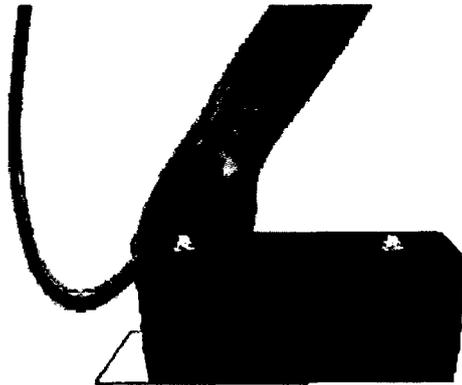


Figura N° 57

No desconectar la batería del sistema fotovoltaico, porque se puede dañar el regulador



Figura N° 58

No invertir la polaridad, ya que producirá un corto circuito que dañará el sistema.

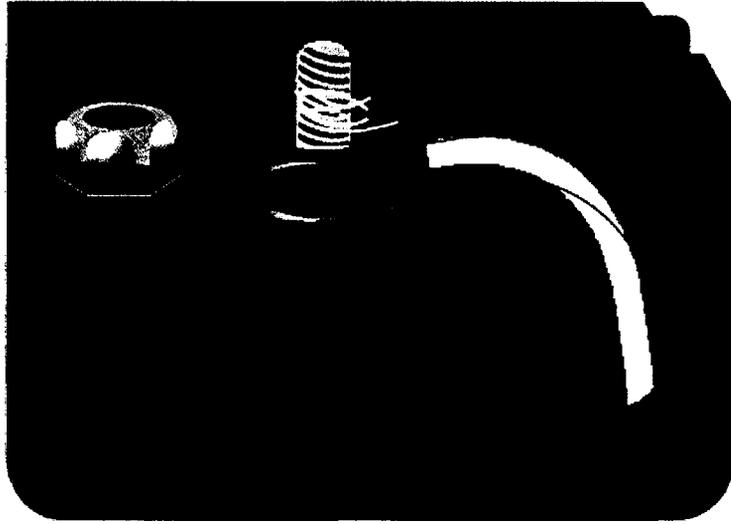


Figura N° 59

No conectar directamente el cable, utilizar siempre un terminal tipo ojo



Figura N° 60

No colocar objetos encima de la batería, si estos objetos son metálicos puede provocar un cortocircuito y generar una explosión.

18. RECOMENDACIONES QUE SE DEBERÁN TENER EN CUENTAS EN EL MANEJO DE LAS LUMINARIAS SON LAS SIGUIENTES.

- Encender las luminarias solo cuando sea necesario porque la batería se descarga más rápido cuando hay más lámparas encendidas.
- Cuando disminuyan su luminosidad, limpiar las lámparas con mucho cuidado.
- Evitar que los niños jueguen con los interruptores.
- Si el foco no enciende hay que sacarlo y cambiarlo por otro de características similares. Como se puede observar en la figura -61

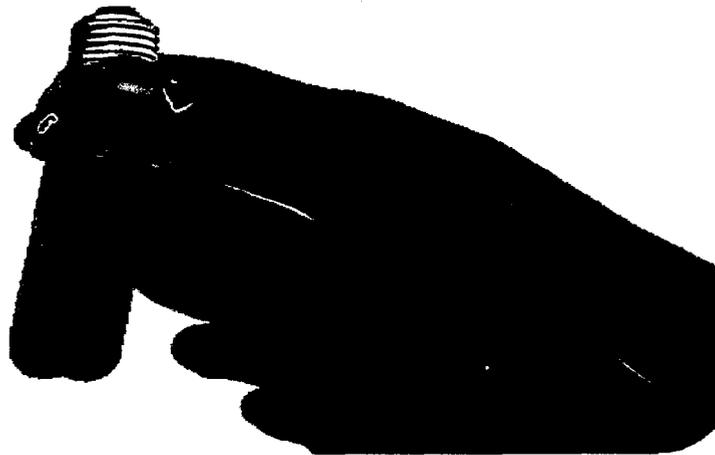


Figura N° 61. Manejo de luminarias

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. DE JUANA SARDON José María 2003. LA ENERGIA. Escuela técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones. UPM.
2. Goswami, D.Y., Kreith, F y Kreider, J.F. (1999). Principles of Solar engineering. Taylor & Francis, Philadelphia.
3. Herrero, M,A, (1985), Soleamiento y energía Solar, Valencia.
4. Igbal, M .(1983), An Introduction to Solar radiation, Academic Press.
299
5. JIMENEZ J.M. sistemas solares fotovoltaicas. Año 2008.
6. Lorenzo, E. (1994), Electricidad Solar Fotovoltaica. Ingeniería de los Sistemas Fotovoltaicos, Instituto de Energía Solar. Universidad politécnica de Madrid.
7. Markvart T. (1994). Solar electricity. John Wiley & Sons.